

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Řešení konstrukčního uzlu dveře-zámek-těsnění pracího  
stroje FX

Design of Constructional Part Door-lock-sealing of the  
Washing Machine FX

Student:

Bc. Roman Golik

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Foltá, Ph.D.

Ostrava 2013

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Roman Golik**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: **Řešení konstrukčního uzlu dveře-zámek-těsnění pracího stroje FX**  
**Design of a Constructional Part Door-lock-sealing of the Washing Machine FX**

Zásady pro vypracování:

Cílem řešení je vylepšení funkce uzavírání dvířek pračky řady FX firmy Primus CE, spol. s r. o., která je zadavatelem této diplomové práce.

Proveďte následující kroky:

1. proveďte rešerši používaných systémů uzavírání dvířek bubnů pračky,
2. zjistěte, které parametry stávajícího systému uzavírání dvířek pračky nejsou optimální a navrhnete variantně možnosti řešení,
3. vypracujte model nebo výkresovou dokumentaci (podle dohody se zadavatelem) zvoleného systému uzavírání dvířek,
4. proveďte potřebné pevnostní a životnostní výpočty, eventuálně ve spolupráci se zadavatelem i životnostní experiment,
5. zhotovte sestavný výkres a dále další dokumentaci podle zadání vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

Boháček, F. *Části a mechanismy strojů I a II*. Brno: VUT Brno, 1987.

Bolek, A. a kol. *Části strojů - svazek 1. a 2*. Praha: SNTL, 1990.

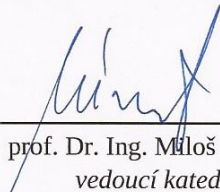
Němec, J. a kol. *Pružnost a pevnost ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1989.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Foltá, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....17.5.2013.....

.....Roman Golik.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 17.5.2013

Roman Golik

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Roman Golik

Adresa trvalého pobytu autora práce: Kopřivnice, Obránců míru 614



## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

GOLIK, R. *Řešení konstrukčního uzlu dveře – zámek – těsnění pracího stroje FX : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2013, 58 s. Vedoucí práce: Folta, Z.

Téma diplomové práce je zadané firmou Primus CE, spol. s.r.o. Tato práce se zabývá řešením konstrukčního uzlu dveře – zámek - těsnění pracího stroje FX. Konkrétně se jedná o vylepšení funkce uzavíracího madla a návrh odstranění netěsnosti dveří pračky. V úvodu je stručný popis zadávající firmy a základní charakteristika pracího stroje řady FX. Pro snadnější orientaci v problematice je proveden přehled uzavírání dveří konkurenčních firem. Stávající madlo v praxi vykazovalo poruchy a tak bylo nutné provést jeho analýzu a navrhnout variantní řešení s patřičným dimenzování základních částí. Netěsnost mezi rámem dveří a rámem pračky je způsobována vibracemi a tak bylo důležité tyto vibrace změřit, vyhodnotit a hodnoty následně použít pro simulace návrhu úpravy rámu dveří.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

GOLIK, R. *Design of a Constructional Part Door – Lock – Sealing of the Washing Machine FX*. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2013, 58 p Supervisor: Folta, Z.

The topic of the thesis is given by Primus CE, et al. s.r.o. This paper will discuss the design node door - lock - seals washing machines FX. Specifically, the improved sealing function and design of the handle eliminate leakage appliance door. The introduction is a brief description of the contracting company and the basic characteristics of the washing machine FX. For easier orientation in the review of closing doors competitors. The current practice must handle the fault and it was necessary to carry out its analysis and propose alternative solutions with proper sizing of basic parts. Leakage between the door frame and the frame of the machine is caused by vibrations, so these vibrations was important to measure and evaluate the values subsequently used for the simulation of proposed modifications to the door frame.

## Obsah

1	Úvod .....	1
1.1	Cíle diplomové práce.....	1
1.2	Společnost Primus .....	1
1.3	Trh společnosti.....	1
1.4	Výrobní spektrum.....	2
1.5	Sídlo firmy .....	2
2	Pračka Primus řady FX.....	3
2.1	Charakteristika pračky.....	3
3	Používané systémy zavírání dveří praček.....	4
3.1	Asko.....	4
3.1.1	Popis systému.....	5
3.1.2	Charakteristika systému.....	5
3.2	Electrolux.....	6
3.2.1	Popis systému.....	7
3.2.2	Charakteristika systému.....	7
3.3	LG.....	8
3.3.1	Popis systému.....	9
3.3.2	Charakteristika systému.....	9
3.4	Weiku.....	10
3.4.1	Popis systému.....	11
3.4.2	Charakteristika systému.....	11
3.5	Primus.....	12
3.5.1	Popis systému.....	13
3.5.2	Charakteristika systému.....	13

3.6	Unimac.....	14
3.6.1	Popis systému.....	15
3.6.2	Charakteristika systému.....	15
4	Madlo Primus pračky řady FX.....	16
4.1	Základní části madla.....	16
4.2	Pojistný systém madla .....	17
5	Kontrola životnosti madla.....	18
5.1	Průběh zkoušky .....	18
5.2	Způsob měření přenášeného momentu.....	18
5.3	Měření č.1 .....	18
5.4	Měření č.2 .....	19
5.5	Závěr měření č.2.....	19
5.6	Měření č.3 .....	20
5.7	Závěr měření č.3.....	20
6	Forma pro odlitek madla.....	21
6.1	Forma s jedním vtokem .....	21
7	Návrh úpravy formy .....	23
7.1	Forma se čtyřmi vtoky.....	23
7.2	Návrh žebrované formy .....	24
8	Návrhy pojistného mechanismu madla .....	25
8.1	Návrh č.1.....	25
8.1.1	Popis mechanismu.....	26
8.1.2	Momentová síla na kroužku.....	26
8.1.3	Rozklad sil v drážce a díře.....	27
8.1.4	Síla působící na pružinu .....	28
8.1.5	Návrh pružiny .....	29
8.2	Návrh č. 2.....	30

8.2.1	Popis mechanismu.....	31
8.2.2	Střední průměru zubového kroužku .....	31
8.2.3	Výpočet momentové síly .....	32
8.2.4	Rozklad sil na zub v kroužku.....	32
8.2.5	Výpočet síly v ose kroužku.....	34
8.2.6	Síla působící na pružinu .....	34
8.2.7	Návrh pružiny .....	35
8.3	Návrh č.3.....	36
8.3.1	Popis mechanismu.....	37
8.3.2	Poloha čelistí.....	37
8.3.3	Rozklad sil mezi čelistmi.....	38
8.3.4	Síla působící na pružinu .....	38
8.3.5	Návrh pružiny .....	39
8.4	Návrh č.4.....	40
8.4.1	Popis mechanismu.....	41
8.4.2	Středního průměru závitu .....	41
8.4.3	Rozklad sil v závitu kroužku .....	42
8.4.4	Síla v ose závitového kroužku .....	43
8.4.5	Síla působící na pružinu .....	43
8.4.6	Návrh pružiny .....	44
9	Měření vibrací stroje FX135 .....	45
9.1	Určení nevývahy bubnu .....	45
9.2	Náhrada nevývahy.....	46
9.3	Umístění snímače zrychlení.....	47
9.4	Měřicí aparatura .....	48
9.5	Části měření .....	48
10	Průběhy vibrací .....	49

10.1 Měření č.1 - Rozběh pračky.....	49
10.2 Měření č.2 - První stupeň odstředování .....	50
10.3 Měření č.3 - Druhý stupeň odstředování.....	51
10.4 Měření č.4 - Síly působící na podlahu.....	52
11 Vyhodnocení vibrací .....	53
11.1 Skutečné zrychlení .....	53
11.2 Síly působící na dveřní uzel.....	53
12 Vliv působících sil na dveřní uzel.....	54
12.1 Části uložení.....	54
12.2 Stávající uložení skla.....	54
12.3 Simulace stávajícího uložení skla .....	55
12.4 Návrh úpravy rámu dveří.....	56
12.5 Simulace úpravy rámu dveří .....	56
13 Závěr.....	57
14 Seznam použité literatury .....	59
15 Přílohy .....	60

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Význam	Jednotka
$D_{2z}$	Velký průměr zubového kroužku	[mm]
$D_{3z}$	Velký průměr závitu na závitového kroužku	[mm]
$F_{1M}$	Síla z pojistného momentu na zapad. kroužku	[N]
$F_{1Nx}$	Vodorovná složka normálové síly v drážce zapad. kroužku	[N]
$F_{1Ny}$	Svislá složka normálové síly v drážce zapad. kroužku	[N]
$F_{1P}$	Síla působící na pružinu principu pojistné kuličkové spojky	[N]
$F_{1TD}$	Třecí síla v drážce zapad. kroužku	[N]
$F_{1TDX}$	Vodorovná složka tečné síly v drážce zapad. kroužku	[N]
$F_{1TDy}$	Svislá složka tečné síly v drážce zapad. kroužku	[N]
$F_{1TK}$	Třecí síla na kukličce	[N]
$F_{2M}$	Síla z pojistného momentu na zubovém kroužku	[N]
$F_{2MD}$	Síla z pojistného momentu v díře madla principu pojistné zubové spojky	[N]
$F_{2N}$	Normálová síla na zubu	[N]
$F_{2Nx}$	Vodorovná složka normálové síly zubového kroužku	[N]
$F_{2Ny}$	Svislá složka normálové síly zubového kroužku	[N]
$F_{2O}$	Síla v ose zubového kroužku	[N]
$F_{2P}$	Síla působící na pružinu principu pojistné zubové spojky	[N]
$F_{2Rx}$	Vodorovná složka reakce zubového kroužku	[N]
$F_{2Ry}$	Svislá složka reakce zubového kroužku	[N]
$F_{2TD}$	Třecí síla v díře madla principu pojistné zubové spojky	[N]
$F_{2TZ}$	Třecí síla na zubu	[N]
$F_{2TZx}$	Vodorovná složka třecí síly zubového kroužku	[N]
$F_{2TZy}$	Svislá složka třecí síly zubového kroužku	[N]
$F_{3N}$	Normálová síla svíracích čelistí	[N]
$F_{3P}$	Síla působící na pružinu principu svíracích čelistí	[N]
$F_{3T}$	Tečná síla svíracích čelistí	[N]
$F_{4MD}$	Síla z pojistného momentu v díře závitového kroužku	[N]
$F_{4o}$	Síla v ose závitového kroužku	[N]
$F_{4P}$	Síla působící na pružinu principu pohybového šroubu	[N]

$F_{4TD}$	Třecí síla v díře závitového kroužku	[N]
$F_{4Z}$	Síla na závit	[N]
$F_{\check{C}U}$	Síla působící na část dveřního uzlu	[N]
$F_{s-prádlo}$	Střední hodnota zatížení podlahy při odstředování s prádlem	[N]
$F_{s-pryž}$	Střední hodnota zatížení podlahy při odstředování s pryží	[N]
$M_P$	Pojistný moment	[N]
$P_h$	Stoupání závitu	[°]
$\Sigma F_{1x}$	Suma sil ve vodorovné ose v rozkladu sil zapad. kroužku	[N]
$\Sigma F_{1y}$	Suma sil ve svislé ose v rozkladu sil zapad. kroužku	[N]
$d_{1s}$	Střední průměr západ. kroužku	[N]
$d_{2dm}$	Průměr díry madla principu pojistné zubové spojky	[mm]
$d_{dzk}$	Průměr díry závitového kroužku	[mm]
$d_{2s}$	Střední průměr zubového kroužku	[mm]
$d_{2z}$	Malý průměr zubového kroužku	[mm]
$d_{3s}$	Střední průměr závitu závitového kroužku	[mm]
$d_{3z}$	Malý průměr závitu na závitovém kroužku	[mm]
$f_1$	Součinitel smykového tření PVC - ocel	[-]
$f_2$	Součinitel smykového tření ocel - ocel	[-]
$i$	Počet kuliček	[N]
$k_{pp}$	Koeficient poměru zatížení podlahy prádlo - pryž	[-]
$m_c$	Celková hmotnost náplně	[kg]
$m_{\check{C}U}$	Hmotnost části dveřního uzlu	[kg]
$m_n$	Hmotnost pryžové nevývahy	[kg]
$\alpha_1$	Úhel drážky zapadávacího kroužku	[°]
$\alpha_2$	Vrcholový úhel zubu zubového kroužku	[°]
$\alpha_3$	Vrcholový úhel závitu	[°]
$\varphi_2$	Třecí úhel zubového kroužku	[°]
$\varphi_3$	Třecí úhel závitu na závitovém kroužku	[°]
$\psi$	Úhel stoupání závitu	[°]



# 1 Úvod

Zadavatelem diplomové práce je firma Primus CE, spol. s.r.o. Tato práce se zabývá řešením konstrukčního uzlu dveře -zámek-těsnění pracího stroje FX. Konkrétně se jedná o vylepšení funkce uzavíracího madla a návrh odstranění netěsnosti dveří pračky.

## 1.1 Cíle diplomové práce

V první části práce je potřeba provést rešerši používaných systému zavírání dveří u konkurenčních firem. Dále je důležité zanalyzovat stávající madlo, zjistit, které části nejsou vyhovující a navrhnout možnosti vylepšení stávajícího madla. Poté provést návrhy možnosti řešení systému uzamykání dveří pračky a důležité části nadimenzovat. V poslední části je potřeba vyhodnotit vibrace pračky a jejich vliv na těsnění dveří a navrhnout možnost úpravy k zabránění netěsnosti.

## 1.2 Společnost Primus

Společnost Primus byla založena v roce 1911 v Belgii jako výrobce praček a myček pro domácnost. Od roku 1970 se firma zaměřila na vybavení komerčních prádelen. [1]

## 1.3 Trh společnosti

Primus patří mezi přední výrobce profesionální prádelenské techniky v Evropě se silným zastoupením v Severní Americe, Asii a na Blízkém východu. Společnost mimo jiné vyrábí průmyslové prádelenské stroje pro hotely, restaurace, nemocnice, sanatoria, mincovníkové prádelny a komerční prádelny. [1]



Obr. 1.1 Logo firmy Primus

## 1.4 Výrobní spektrum

Produkce společnosti Primus pokrývá celé spektrum vybavení prádelny od odpružených praček s vysokými otáčkami odstředění, přes neodpružené pračky, hygienické bariérové odpružené pračky, až po profesionální bubnové sušiče a korytové i válcové žehliče. Díky síti vlastních distributorů, se společnost zaměřuje na tři typy koncových uživatelů: mincovníkové prádelny, vlastní soukromé prádelny, a na komerční prádelny. Primus také prodává zařízení průmyslovým prádelnám, větším soukromým prádelnám a čistírnám. [1]

## 1.5 Sídlo firmy

Primus CE, spol. s r.o.

Místecká 1116

742 58, Příbor

Česká Republika



Obr. 1.2 Pohled na výrobní halu v Příboře

## **2 Pračka Primus řady FX<sup>1</sup>**

Moderní pračka s vysokou technologickou úrovní.



Obr. 2.1 Pračka Primus řady FX

### **2.1 Charakteristika pračky**

#### **Kaskádový buben**

Díky konceptu CASCADE™ je v bubnu více otvorů a odvod vody z prádla je tím pádem mnohem efektivnější. Snížení vlhkosti prádla až o 25% a snížení spotřeby energie pro následné sušení až o 20%

#### **Optimalizace prostoru**

Optimalizace prostoru mezi vnitřním a vnějším bubnem znatelně snížila spotřebu vody o 15%.

#### **Dveřní otvor**

Pro každý model byl kalkulován maximální dveřní otvor, tak aby umožnil co nejsnazší nakládku a vykládku prádla. Dveře se navíc pro ještě lepší ergonomičnost otvírají až do úhlu 180°.

#### **Ovládací panel**

Ovládací panel je nakloněn, tak aby byla práce obsluhy ještě ergonomičtější. XControl Plus je ovládání s neomezenými možnostmi programování pro prádelenské profesionály.

---

<sup>1</sup> Pračka Primus řady FX – literatura [1]

### 3 Používané systémy zavírání dveří praček

Firmy vyrábějící prádelenskou techniku především průmyslové pračky používají rozdílné systémy uzavírání dveří. Mechanismus zavírání se odvíjí od typu pračky a hmotnosti náplně. S rostoucí velikostí náplně obecně platí větší náročnost na spolehlivé a pevné uzavření dveří. Z důvodu konkurence a přístupu k dané pračce je počet systémů omezený. Byla však snaha o co nejrozmanitější předvedení možností uzavírání. Přehled je seřazený od pračky s nejmenší po největší kapacitu náplně.

#### 3.1 Asko

V sortimentu výrobce jsou profesionální pračky, sušičky a myčky nádobí s vysokou kvalitou a dlouhou životností. Všechny jsou snadno ovladatelné a jsou vybaveny speciálními a kratší programy pro splnění požadavků zákazníků. Modely ECO mohou být připojeny k přívodu teplé vody, jako jsou tepelná čerpadla nebo solární panely, což snižuje spotřebu energie a jsou tak šetrné k životnímu prostředí. [2]



Obr. 3.1 Pračka Asko

Tab. 3.1 Charakteristika pračky Asko

<b>Označení</b>	WM664P
<b>Kapacita</b>	8 kg
<b>Objem bubnu</b>	60 l
<b>Max. odstředivé otáčky</b>	1400 min <sup>-1</sup>
<b>Hmotnost</b>	77 kg
<b>Rozměry (VxŠxH)</b>	850x595x585 mm

### 3.1.1 Popis systému

Zavírání dveří se děje zatlačením za jejich okraj u místa zámku na pravé straně. Při zatlačení, plastová západka zaskočí do elektronického zámku uvnitř rámu. Po zaskočení západky vydá snímač elektrický signál na posuvný čep, který poté zajede do oka ve dveřích a tím dojde k bezpečnému uzamknutí dveří. Během praní je otevření dveří z důvodu bezpečnosti elektronicky jištěno. Otevření dveří se děje tlačítkem na ovládacím panelu. Po stisknutí tlačítka otevření dojde k uvolnění dveří a možnému otevření.



Obr. 3.2 Detaily zámku dveří pračky Asko

### 3.1.2 Charakteristika systému

#### Výhody:

- jednoduchý
- dobře pojištěný proti otevření – pojistné oko
- bezpečný
- rychle uzavíratelný
- chybějící úchyt na dveřích – nemožnost nechtěného otevření

#### Nevýhody:

- plastové díly – možnost prasknutí
- méně tuhé
- při poruše zámku nemožnost otevření

### 3.2 Electrolux

Pračka vyniká vysokými otáčkami odstředování se systémem SuperBalance™, které zaručují kvalitní odvedení vlhkosti z prádla. Nastavení programů, lze přímo přes klávesnici na velkém displeji, nebo stáhnutím přes paměťovou kartu. Pro nejčastější používané programy slouží tlačítko Quick Start. Automatický systém pro vážení AWS dokáže určit hmotnost náplně a odpovídajícím způsobem doplnit vodu. Toto opatření vede extrémně nízké spotřebě vody a energie. Pro pohodlnou obsluhu má pračka velký dveřní otvor. [5]



Obr. 3.3 Pračka Electrolux

Tab. 3.2 Charakteristika pračky Electrolux

<b>Označení</b>	W475H
<b>Kapacita</b>	8 kg
<b>Objem bubnu</b>	75 l
<b>Max. odstředivé otáčky</b>	1100 min <sup>-1</sup>
<b>Hmotnost</b>	159 kg
<b>Rozměry (VxŠxH)</b>	1115x720x690 mm

### 3.2.1 Popis systému

K uzavření dveří slouží tříramenné madlo na levé straně. Zavřením zajede kovový čep do otvoru v rámu s elektronickým zámekem. Otočením madla ve směru hodinových ručiček se čep elektronicky pojistí proti otočení. Proti poškození zámku při nadměrném otáčení madla na oba směry slouží pojistný mechanismus uvnitř madla. Během pracího procesu je čep jištěn proti otevření. Po skončení je čep uvolněn a otočením madla zpět lze dveře otevřít.



Obr. 3.4 Detaily zámku dveří pračky Elektrolux

### 3.2.2 Charakteristika systému

#### Výhody:

- dobře uchopitelné madlo
- pojištění v madle proti poškození zámku
- malý rozsah otočení madla

#### Nevýhody:

- opotřebení pojistného mechanismu v madle
- nutnost přitlačení dveří
- možnost neúplného dovření dveří



### 3.3 LG

Vysoce efektivní a trvanlivé pračky s měničem Direct Drive Systém. LG Giant-C má elegantní design, který by neměl být viděn v obchodní oblasti, což zaručuje příchod zákazníku do prádelny. Pračka má pevný systém s přímým měničem pohonu, což zajišťuje snížení provozních nákladů a zvýšení trvanlivosti. [3]



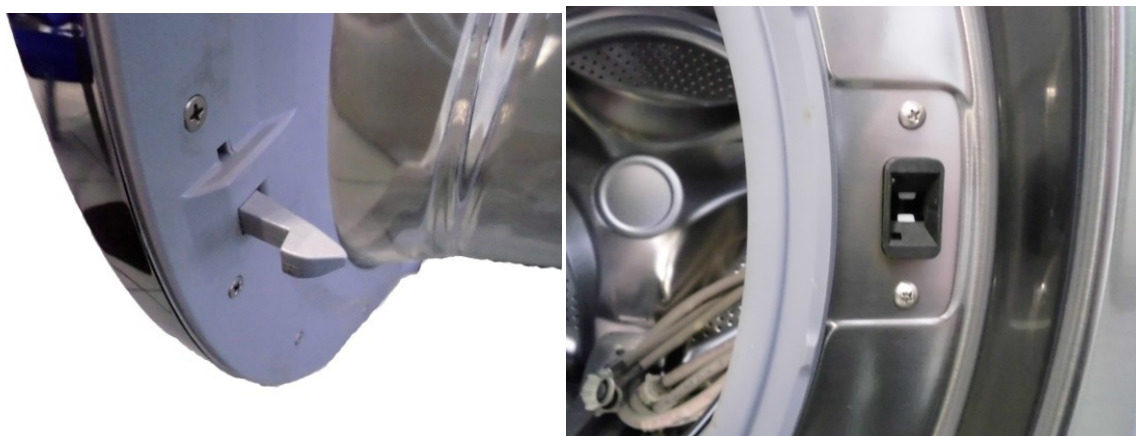
Obr. 3.5 Pračka LG

Tab. 3.3 Charakteristika pračky LG

<b>Označení</b>	F1069FD
<b>Kapacita</b>	15 kg
<b>Objem bubnu</b>	102,6 l
<b>Max. odstředivé otáčky</b>	1150 min <sup>-1</sup>
<b>Hmotnost</b>	87 kg
<b>Rozměry (VxŠxH)</b>	982x686x767 mm

### 3.3.1 Popis systému

Zavření dveří se děje zatlačením dveří v místě zámku na pravé straně. Pojistný mechanismus v podobě plastové západky zaskočí do otvoru v rámu. Elektronický systém po zacvaknutí zajistí dveře proti otevření. Během pracího programu je zámek bezpečnostně jištěn. Po skončení se elektronický zámek uvolní a je možné tahem dveře zpětně otevřít.



Obr. 3.6 Detaily zámku dveří pračky LG

### 3.3.2 Charakteristika systému

#### **Výhody:**

- snadné zavření
- levné
- jednoduché

#### **Nevýhody:**

- možnost prasknutí plastových dílů
- opotřebení zobáčku
- možnost vytrhnutí zámku při nadměrné síle

### 3.4 Weiku

Pračka s pokročilým počítačovým a řídicím systémem. Volba programu je jak automaticky, tak ručně. Pračka je vybavena pokročilým měničem otáček pro úsporu energie a stabilní chod. Speciální měkká podložka eliminuje hluk a vibrace přenášené do podlahy. Kritické komponenty jsou od spolehlivých výrobců, které zaručují stabilní chod a dlouhou životnost pračky. [6]



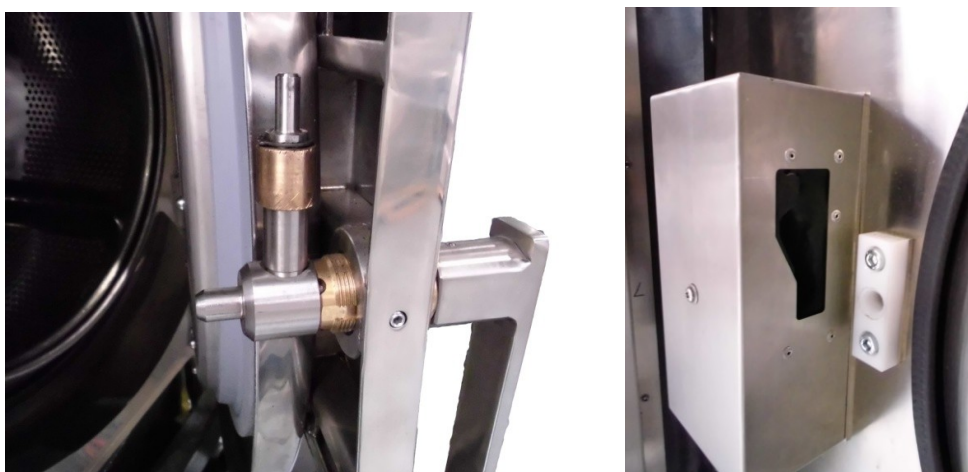
Obr. 3.7 Pračka Weiku

Tab. 3.4 Charakteristika pračky Weiku

<b>Označení</b>	XGQ-25F
<b>Kapacita</b>	25 kg
<b>Objem bubnu</b>	238 l
<b>Max. odstředivé otáčky</b>	850 min <sup>-1</sup>
<b>Hmotnost</b>	1000 kg
<b>Rozměry (VxŠxH)</b>	1540x1270x1250 mm

### 3.4.1 Popis systému

Rám dveří je masivní, vyztužený příčnými profily, tím zvyšuje jeho tuhost. K zavření dveří slouží otočná klika. Výchozí poloha kliky je ve svislé poloze. Konec kliky je opatřen čepem, který je při zavření dveří zasunut do plastového pouzdra. Otočením kliky proti směru hodinových ručiček dojde k uzamknutí dveří. Pro snadnější pohyb je klika opatřena měděným kluzným ložiskem. Po uzavření dojde elektronickému zajištění kliky. Během pracovního procesu je klika jištěna proti otevíření. Po skončení je klika uvolněna a je možné dveře otevřít.



Obr. 3.8 Detaily zámku dveří pračky Weiku

### 3.4.2 Charakteristika systému

#### **Výhody:**

- pevná konstrukce otočné kliky
- tuhost dveří zvýšená koncovým čepem
- vysoká těsnost dveří

#### **Nevýhody:**

- možnost poškození zámku při špatné výchozí poloze kliky
- čepový protikus z plastu, který se může při vyšších vibracích poškodit
- robustnější zámek, který vyčnívá z rámu

### 3.5 Primus

Volně stojící vysokootáčková pračka s nerezovým pláštěm. Nový grafický display Graphitronic, který umožňuje komunikační rozhraní dálkovým ovládáním a volnou programovatelnost. Pro snadné nakládání a vykládání prádla je pračka vybavena velkým dveřním otvorem. Rychlost procesů umožňují velké vypouštěcí ventily. Buben je vybaven perforovanými zvedacími žebry PowerWash, které zvyšují účinnost praní a společně s pracím programem SuperEco významně snižuje spotřebu vody a elektrické energie. [1]



Obr. 3.9 Pračka Primus

Tab. 3.5 Charakteristika pračky Primus

<b>Označení</b>	FS33
<b>Kapacita</b>	33 kg
<b>Objem bubnu</b>	335 l
<b>Max. odstředivé otáčky</b>	830 min <sup>-1</sup>
<b>Hmotnost</b>	1190 kg
<b>Rozměry (VxŠxH)</b>	2105x1430x1475 mm

### 3.5.1 Popis systému

Rám dveří je vyztužen příčnými profily a tím dodávají dveřím vysokou pevnost. K uzavření dveří slouží přitlačná klika. Při uzavření dveří dojde zasunutí čepu na dveřích do otvoru v rámu. Tím je zajištěna vysoká tuhost dveří a také dojde k sepnutí snímače pojistky zavřených dveří. Zatlačením kliky dojde k uzamknutí dveří. Při spuštění pracího procesu se vysune z otvoru rámu pojistný člen, který brání stlačení kliky a tím otevření dveří.



Obr. 3.10 Detaily zámku dveří pračky Primus

### 3.5.2 Charakteristika systému

#### **Výhody:**

- jednoduché zavření
- malý rozsah poloh kliky
- tuhost zvýšena čepem ve dveřích

#### **Nevýhody:**

- možnost prasknutí uzamykacího členu kliky při nesprávné výchozí poloze
- elektromechanický zámek – velká poruchovost
- výrobní náklady

### 3.6 Unimac

Předem nakládací pračka UniMac Extractor je velmi účinná a plná inovativních funkcí, které zajišťují stále nejnižší náklady na vlastnictví. Vysoké síly při odstředování mají za výsledek maximální odstranění vody z prádla. Revoluční systém řízení UNILINC sleduje prádlo, je snadno ovladatelný, šetří energii a snižuje prostoje. Nové dveře jsou standardizovaně otevírány doprava se systémem Cam Lock pro zajištění hladkého otevírání a zavírání. [4]



Obr. 3.11 Pračka Unimac

Tab. 3.6 Charakteristika pračky Unimac

<b>Označení</b>	UWN045T4V
<b>Kapacita</b>	45 kg
<b>Objem bubnu</b>	204 l
<b>Max. odstředivé otáčky</b>	954 min <sup>-1</sup>
<b>Hmotnost</b>	463 kg
<b>Rozměry (VxŠxH)</b>	1638x870x1088 mm



### 3.6.1 Popis systému

K uzavření dveří slouží masivní klika na levé straně. Výchozí poloha kliky je svislá. Při uzavření dveří kuželový čep na klice zajede do otvoru u zámku. Tímto se dodatečně zvýší tuhost uzavřených dveří. Otočením kliky proti směru hodinových ručiček dojde k přitáhnutí dveří a těsnění k rámu. Pro snadnější pohyb je čep opatřen měděným kluzným ložiskem. Po uzavření se čep mechanicky zajistí proti otevření. Klika je bezpečně jištěna po dobu pracího cyklu. Po ukončení pracího procesu se mechanická pojistka uvolní a dveře lze otevřít.



Obr. 3.12 Detaily zámku dveří pračky Unimac

### 3.6.2 Charakteristika systému

#### **Výhody:**

- pevné celokovové části
- tuhost dveří zvýšena kuželem v klice
- jasná zřetelnost zavřených dveří

#### **Nevýhody:**

- působení větší síly při zavírání
- možnost poškození zámku při špatné výchozí poloze kliky

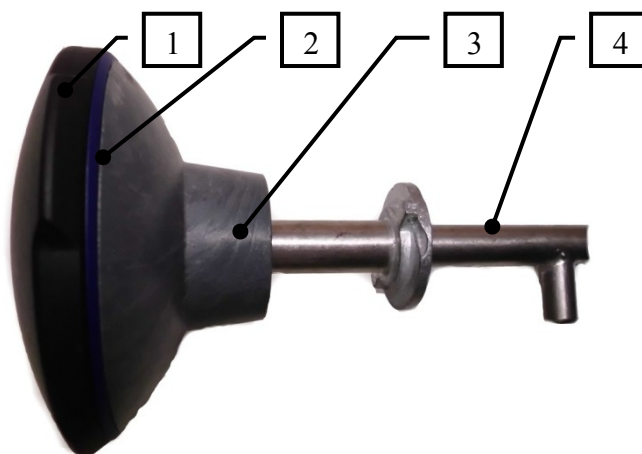
## 4 Madlo Primus pračky řady FX

Systém zavírání dveří firmy Primus u praček řady FX je tvořen plastovým otočným madlem s kombinací ocelové osy a čepu. K uzavření dveří je nutné otočit madlem proti směru hodinových ručiček o cca 63° vzhledem k výchozí poloze. V madle je zabudován pojistný systém, který chrání při nadměrném otočení madla elektronický zámek v rámu pračky proti poškození. Při překročení pojistného momentu otáčení madla, který je v rozmezí od 3,5 Nm do 4 Nm, musí dojít k protočení madla.



Obr. 4.1 Detail dveří pračky Primus řady FX

### 4.1 Základní části madla

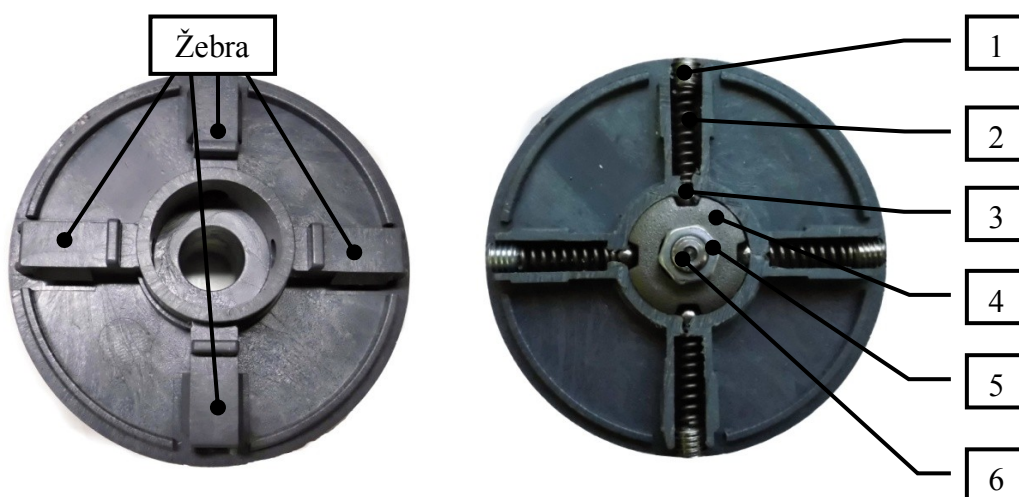


Obr. 4.2 Madlo dveří pračky Primus řady FX

1. víčko madla
2. odlišovací kroužek
3. madlo
4. osa madla

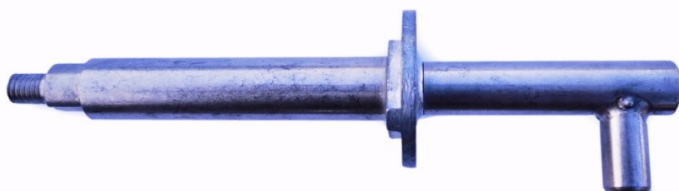
## 4.2 Pojistný systém madla

Pojistný systém je tvořen ve vrchní části madla čtyřmi žebry (Obr.4.3). V těchto žebrech je uložena sestava kuličky, pružiny a šroubu. Ve středu madla je ve tvarovém spojení s osou zapadávací kroužek s drážky. Patříčný pojistný moment se nastavuje přitahováním šroubů, které zvětšují přitlačnou sílu na tlačnou pružinu, a tím se zvětšuje patříčný moment na protočení madla. Přesné nastavení může být obtížnější z důvodu nestejnomyšerného přitáhnutí všech 4 šroubů.



Obr. 4.3 Detail madla bez krytu (vlevo) a v řezu (vpravo)

1. stavěcí šroub M5
2. tlačná pružina  
 $D=5,1\text{mm}$ ,  $L_1=18\text{mm}$
3. kulička  $\varnothing 5\text{ mm}$
4. zapadávací kroužek
5. matice M6
6. osa madla



Obr. 4.4 Osa madla

Osa madla (Obr.4.4) je ocelová se závitovým ukončením M6. Z důvodu tvarového spojení se zapadávacím kroužkem je za závitem osazení s frézovanou plochou. Zamykací čep má průměr 8mm a délku 13,8mm. Zapadávací kroužek (Obr. 4.5) je vyroben tlakovým litím zinkové slitiny ZAMAK 2. Vrcholový úhel drážky je  $36^\circ$ .



Obr. 4.5 Zapadávací kroužek

## 5 Kontrola životnosti madla<sup>2</sup>

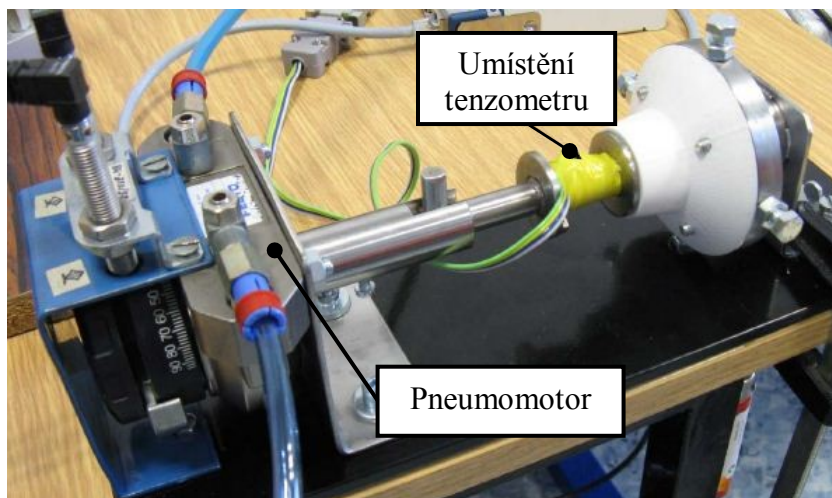
Pro zjištění zda použité části madla jsou schopny správné funkce po požadovaném počtu cyklů tj. 7500 byla firmou Primus CE provedena životnostní zkouška.

### 5.1 Průběh zkoušky

Jeden cyklus probíhal v rozmezí otočení madla od  $0^0$  do  $90^0$  a zpět. Tento pohyb zajišťoval kyvný pneumomotor Festo DSR-25-180-P – 11911 s maximálním kroutícím momentem 5 Nm. K protočení madla dojde při překročení nastaveného pojistného momentu 4 Nm.

### 5.2 Způsob měření přenášeného momentu

Pro zjišťování přenášeného momentu z pohonu na madlo byl na hřídel madla umístěn tenzometr. Přes převodník byl signál posílán do notebooku. Pomocí instalovaného programu byl signál upraven pro okamžitou vizuální kontrolu a výsledné hodnoty byly následně ukládány.



Obr. 5.1 Detail upevnění tenzometru a umístění pneumomotoru

### 5.3 Měření č.1

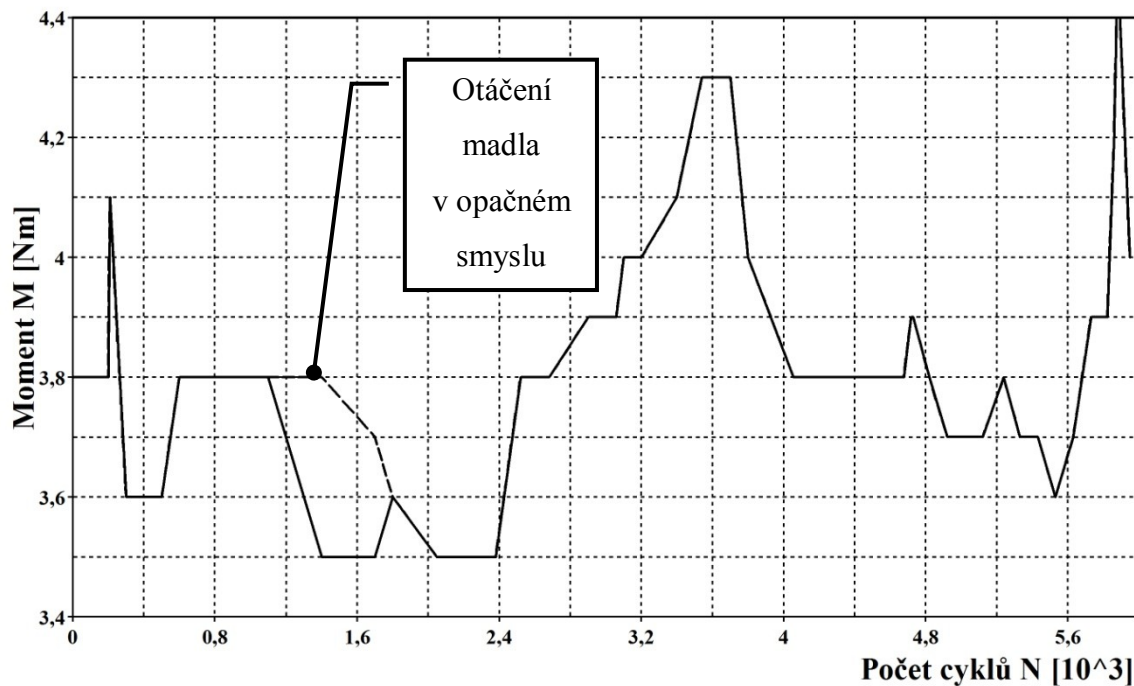
Při tomto měření zapadávací kroužek vykazoval značné opotřebení již v úvodních 50ti cyklech. Nežádoucí opotřebení se projevovalo otláčením v místě tvarového spojení s ocelovou hřídelí. Toto otláčení způsobovalo protáčení o  $10^0$  až  $15^0$ . Zinkový zapadávací kroužek je pro toto použití nevyhovující a měření bylo ukončeno.

<sup>2</sup> Kontrola životnosti madla – měření a výsledky použity z literatury [7]

## 5.4 Měření č.2

Madlo vyrobené technologií 3D tisku, zapadávací kroužek z oceli

Graf 5.1 Závislost momentu na počtu cyklů měření č.2



### Popis grafu

**0 - 500 cyklů** – poškození plastové části – praskliny u pat žeber, výměna madla, nové nastavení momentu

**1200 – 2290 cyklů** – snížení momentu z důvodu tzv. zaběhnutí kuliček v kroužku

**2290 – 3700 cyklů** – zvýšení momentu, zadírání kuliček do plastu

**3700 - 4600 cyklů** – vypadávání částeczek plastu – výměna madla a nastavení nového momentu

**5900 cyklů** – opětovné poškození plastové části

## 5.5 Závěr měření č.2

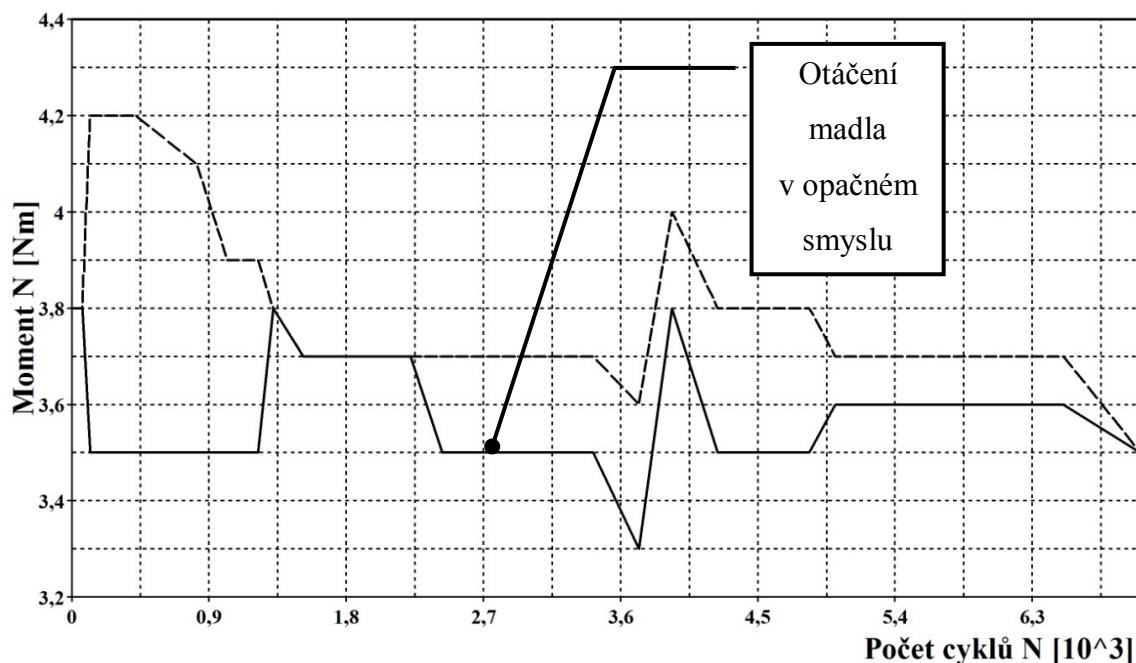
Ocelový kroužek je podle vyhotovené zkoušky schopen práce po téměř 6000 cyklů. Měření však bylo přerušeno z důvodu opakované poruchy plastové části vyrobené technologií „3D tisku“.



## 5.6 Měření č.3

Konečný tvar madla vyrobený odléváním plastu do formy, ocelový kroužek

**Graf 5.2 Závislost momentu na počtu cyklů měření č.3**



### Popis grafu

**0 – 120 cyklů** – tvrdý záběr do zaběhnutí kuliček v kroužku

**120 – 1300 cyklů** – zaběhnutí kuliček v kroužku

**1300 – 3300 cyklů** – ustálení momentu ve směru hodinových ručiček, v opačném směru snížení momentu již u 2100 cyklů

**3900 cyklů** – nastavení na výchozím momentu

**3900 – 6500 cyklů** – ustalování systému ve směru otáčení hodinových ručiček, v opačném směru výrazný pokles, od 5000 cyklů ustálení

**6500 – 7500 cyklů** – sjednocení momentů v obou směrech

## 5.7 Závěr měření č.3

Během testu nebyla poškozena plastová část. Madlo sestavené z částí, které měly přijít do výroby tzn. ocelová osa madla, ocelový kroužek, plastová část vyrobená odléváním, byly schopné dobré funkce po dobu dané životnosti 7500 cyklů. Vlivem opotřebení kroužku, na kterém během testu vznikaly v zapadávacích drážkách pro kuličky zaoblené hrany se snižoval moment potřebný k protočení madla.

## 6 Forma pro odlitek madla

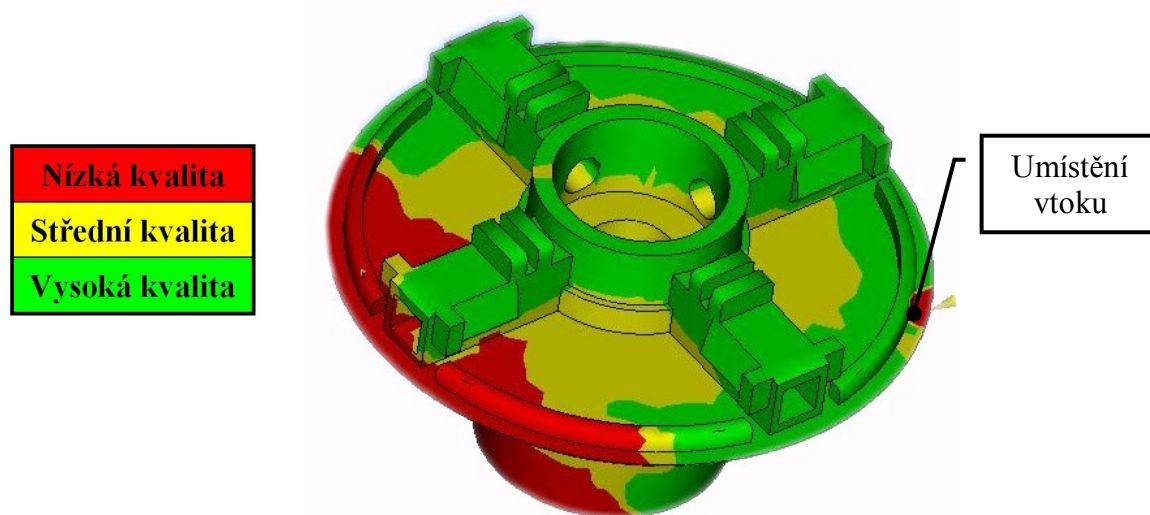
Stávající madlo je tlakově odléváno z plastu PC/ABS (polykarbonát/akrylonitril-butadién-styrén) do dvoudílné kovové formy umístěním žebry dolů. V následující kapitole je analyzována simulace jeho výroby.

### 6.1 Forma s jedním vtokem

Vzhledem k jednoduchosti a rychlosti byla výrobcem navrhnutá forma s jedním vtokem na okraji madla v místě dělicí roviny formy. Plnicí čas takto zhotovené formy nepřesáhnul 2 vteřiny.

#### Kvalita odlití

Kvalita odlití madla není rovnoměrná, snižuje se směrem od místa vtoku. Na odvrácené straně vtoku materiálu a přímo v místě vtoku je kvalita nejnižší. Prostřední část se vykazuje střední kvalitou a nejvyšší kvalita je po stranách od místa vtoku.

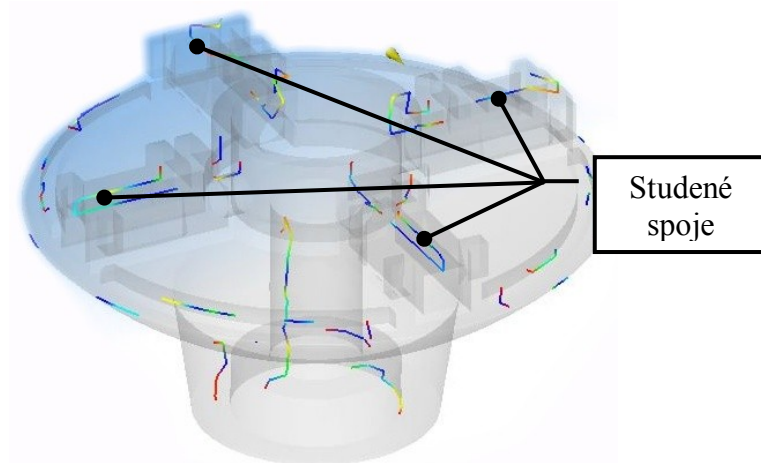


Obr. 6.1 Kvalita lití u stávajícího madla



## Studené spoje

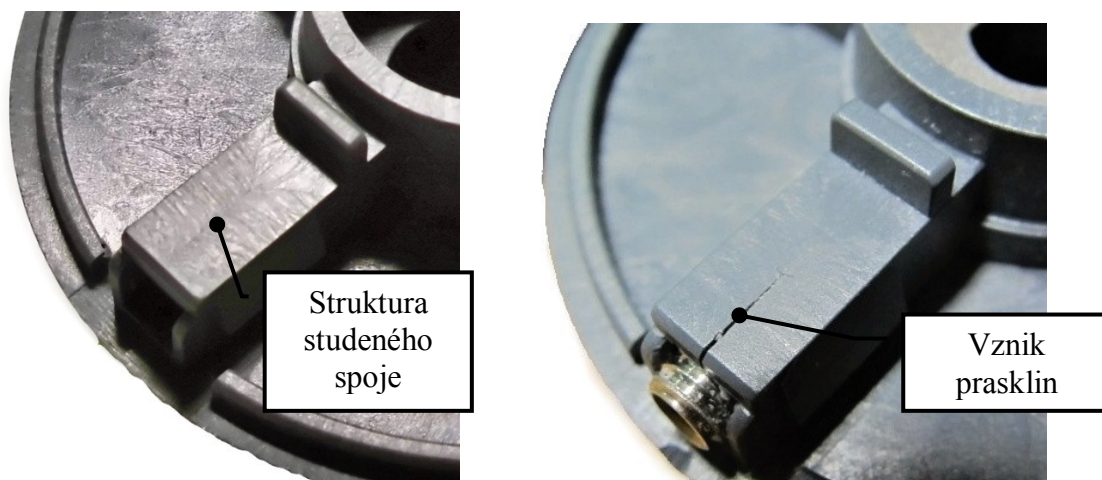
Vlivem tvaru formy plast proudí první do míst s menším odporem tzn. do spodní části. Do žeber se materiál dostává v konečné fázi plnění. Materiál je již chladnější a z důvodu nutnosti obtoku materiálu stěnami žeber se setkává na vrchní části, kde se dostatečně nepromíchá a nespojí. Tím vznikají na povrchu žeber studené spoje.



Obr. 6.2 Studené spoje u stávajícího madla

## Projevy studených spojů v praxi

U vyrobeného odlitého madla, lze spatřit projevy studeného spoje. Na povrchu žeber se objevuje struktura spojení chladnějšího materiálu. V praxi v tomto místě po určitém počtu namáhajících cyklů vznikají praskliny, které se dál šíří a způsobují snížení nebo dokonce ukončení správné funkce.



Obr. 6.3 Detail na strukturu studeného spoje (vlevo) a vzniklou prasklinu (vpravo)

## 7 Návrh úpravy formy

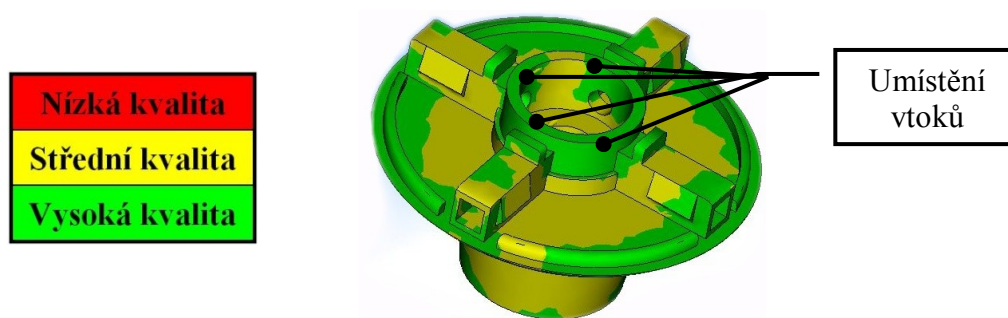
Z důvodu výroby madla specializovanou externí firmou, jsou následující úpravy formy navrženy právě touto firmou ve spolupráci se zadavatelskou firmou Primus CE.

### 7.1 Forma se čtyřmi vtoky

Upravená forma pro tlakové odlití madla má již 4 vtoky. Jsou rovnoměrně umístěny v nejvrchnější části formy. Tato úprava podle simulace dvojnásobně zpomaluje plnicí proces, což z hlediska výroby není výhodné.

#### Kvalita odlití

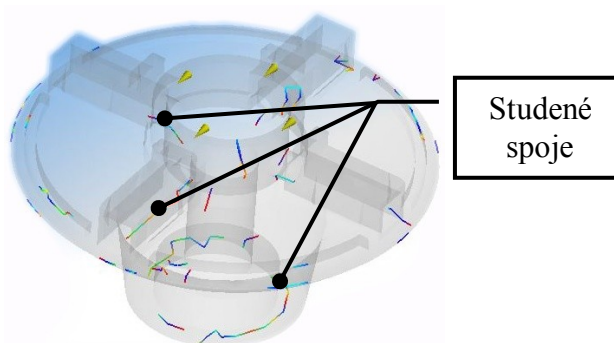
Úprava počtu a umístění vtoků zlepšila kvalitu plnění. Od místa plnění je rovnoměrně rozložená s nejvyšší kvalitou na okraji formy a v místě vtoků, snižující se směrem k ose madla.



Obr. 7.1 Kvalita lití forma se čtyřmi vtoky

#### Studené spoje

Na vrchních částí žeber se již studené spoje neobjevují. V menší míře se však vyskytují uvnitř madla, kde ale nemají výrazný vliv na funkci pojistného momentu.



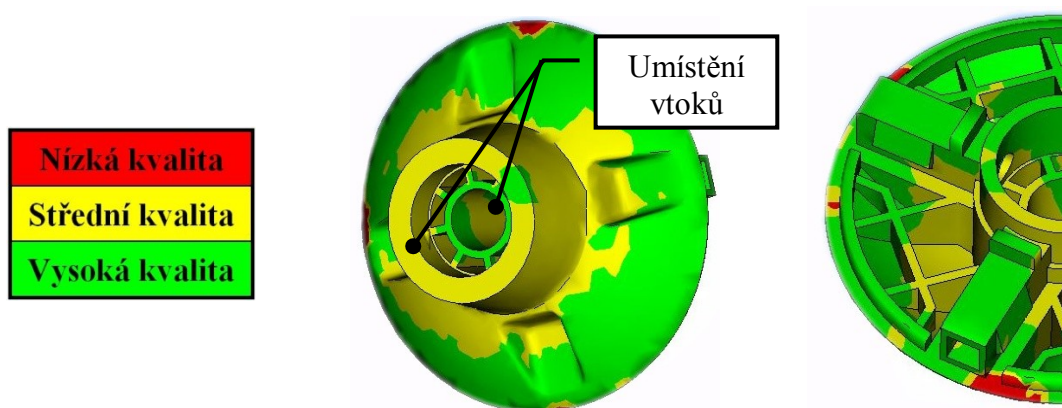
Obr. 7.2 Studené spoje u formy se čtyřmi vtoky

## 7.2 Návrh žebrované formy

Madlo je tvořené skořepinovým tvarem s výztužnými žebry. U takto navrhnutého madla nepřesahuje tloušťka stěn v žádné části požadovanou velikost pro danou technologii výroby. Vtokové otvory jsou umístěny na spodní straně formy u středu madla. Plnicí čas nepřesáhne 3 vteřiny.

### Kvalita odlití

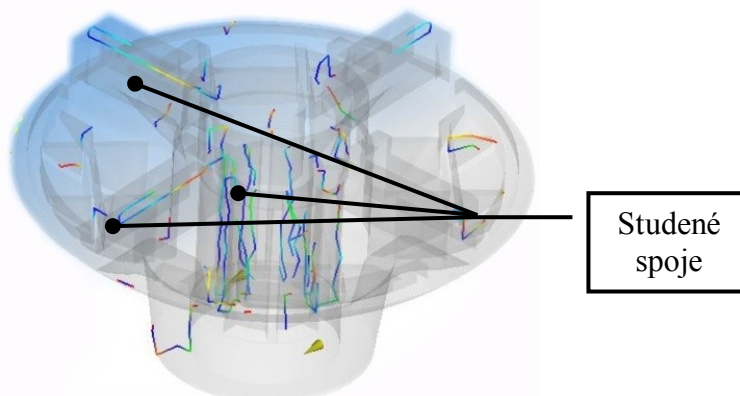
Kvalita takto odlitého madla je velmi vyhovující. Rovnoměrně se zvyšuje od středu. Na okrajích však vznikají drobné místa s velmi malou kvalitou. Tyto místa lze z hlediska kvality zanedbat



Obr. 7.3 Kvalita lití u žebrované formy

### Studené spoje

Studené spoje se vyskytují v nejvyšší koncentraci ve středové oblasti a také opět na vrchních částí žebér což může vést k razantnímu poklesu životnosti madla.



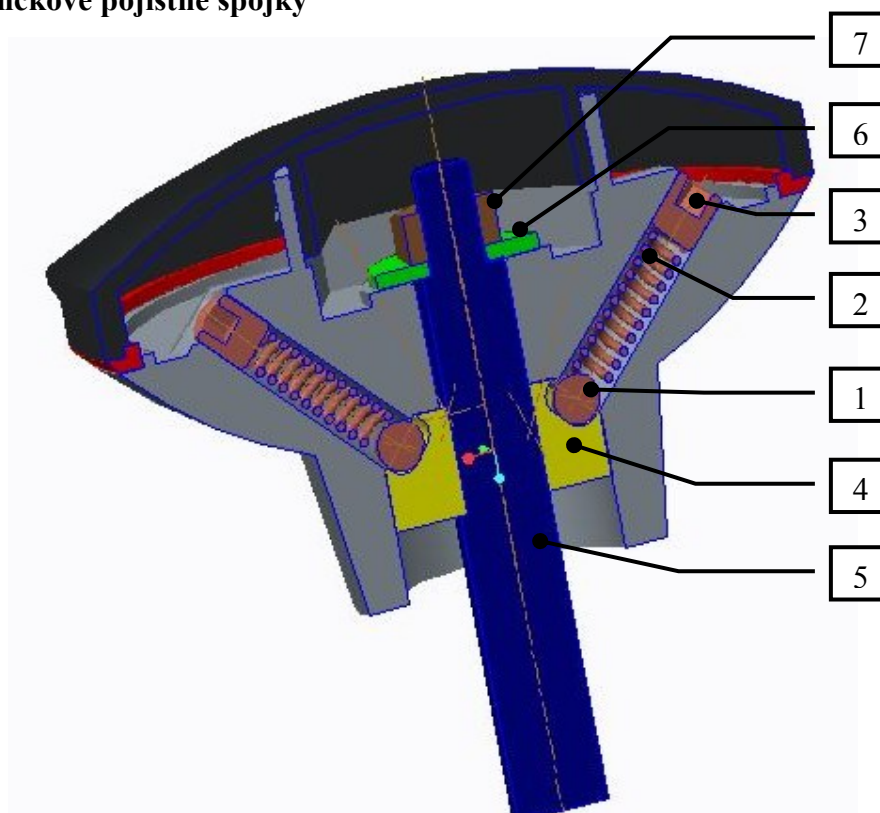
Obr. 7.4 Studené spoje žebrovaná forma

## 8 Návrhy pojistného mechanismu madla

V následující kapitole jsou uvedeny další možné návrhy pojistného mechanismu madla. U jednotlivých návrhů jsou podle vnitřního rozměrového uzpůsobení madla a patřičného pojistného momentu nadimenzovány základní funkční části.

### 8.1 Návrh č.1

**Princip kuličkové pojistné spojky**



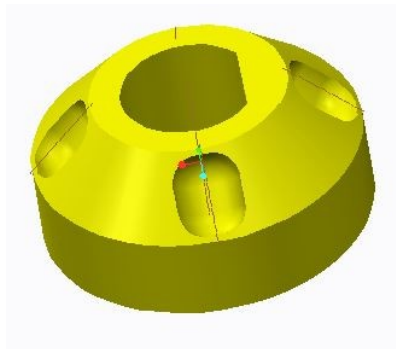
Obr. 8.1 Návrh č.1

#### **Základní části pojistného mechanismu**

1. kulička
2. tlačná pružina
3. stavěcí šroub M5
4. zapadávací kroužek
5. osa madla
6. podložka
7. matice M6

### 8.1.1 Popis mechanismu

Pojistný mechanismus je obdobný jako u stávajícího madla. Sestává se ze 4 po obvodu rovnoměrně rozmístěných pojistných elementů. Pro větší využití těla madla, byly tyto elementy umístěny pod úhlem  $45^0$  vůči ose madla. Zapadávací kroužek (Obr. 8.2) je také z části kuželový s vrcholovým úhlem  $90^0$  tak aby pojistné kuličky dosedaly kolmo na drážky. Nastavení pojistného momentu se děje pomocí dotažení šroubů a tím vzniku větší přitlačné síly pružiny na kuličku, která je nutná pro vyjetí z drážky při protočení madla.



Obr. 8.2 Zapadávací kroužek

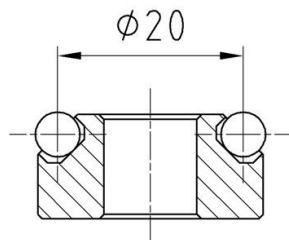
### 8.1.2 Momentová síla na kroužku

Při překročení pojistného momentu na madle, vznikne na středním průměru kroužku momentová síla, která působí na kuličku kolmo k jejímu zdvihu.

$$F_{1M} = \frac{2 \cdot M_p}{i \cdot d_{1s}} = \frac{2 \cdot 3500 \text{ Nmm}}{4 \cdot 20 \text{ mm}} = 87,5 \text{ N} \quad (8.1)$$

Kde:  $M_p$  – pojistný moment

$d_{1s}$  – střední průměr kroužku

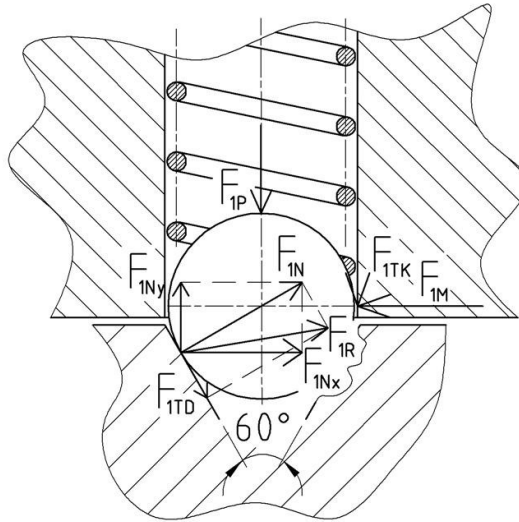


Obr. 8.3 Střední průměr kroužku

### 8.1.3 Rozklad sil v drážce a díře

Síla způsobena momentem se rozkládá v drážce a na stěně díry pro kuličku dle obr.

8.4. [11]



Obr. 8.4 Rozklad sil

#### Třecí síla v drážce

$$F_{1TD} = F_{1M} \cdot f_1 \quad (8.2)$$

Kde:  $f_1$  – součinitel smykového tření pro ocel - PVC dle [13]

#### Třecí síla na kuličce

$$F_{1TK} = F_{1M} \cdot f_2 \quad (8.3)$$

Kde:  $f_2$  – součinitel smykového tření pro litina - litina dle [13]

#### Vodorovná složka normálové síly v drážce

$$F_{1Nx} = F_{1N} \cdot \cos \frac{\alpha_1}{2} \quad (8.4)$$

Kde:  $\alpha_1$  – vrcholový úhel drážky zapadávacího kroužku

#### Vodorovná složka tečné síly v drážce

$$F_{1TDx} = F_{1TD} \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (8.5)$$

#### Svislá složka normálové síly v drážce

$$F_{1Ny} = F_{1N} \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (8.6)$$

#### Svislá složka tečné síly v drážce

$$F_{1TDy} = F_{1TD} \cdot \cos \frac{\alpha_1}{2} \quad (8.7)$$

### 8.1.4 Síla působící na pružinu

Pro výpočet síly působící na pružinu je nutné provést sumu sil do vodorovné a svislé osy

#### Suma sil ve vodorovné ose

$$\Sigma F_{1x} = F_{1M} - F_{1Nx} - F_{1TDx} = 0 \quad (8.8)$$

#### Suma sil ve svislé ose

$$\Sigma F_{1y} = F_{1P} + F_{1TK} + F_{1Ny} - F_{1TDy} = 0 \quad (8.9)$$

#### Vyjádření síly působící na pružinu [11]

$$\begin{aligned} F_{1P} &= F_{1M} \cdot \left\{ [1 - (f_1 \cdot f_2)] \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} - 2 \cdot f_1 \right\} = \\ &= 87,5 \cdot \left\{ [1 - (0,15 \cdot 0,2)] \cdot \operatorname{tg} \frac{60^\circ}{2} - 2 \cdot 0,15 \right\} = 13,5\text{N} \end{aligned} \quad (8.10)$$

### 8.1.5 Návrh pružiny

- v tab. 8.1 jsou uvedeny základní parametry navrhnuté pružiny
- úplný výpočet viz. Příloha B

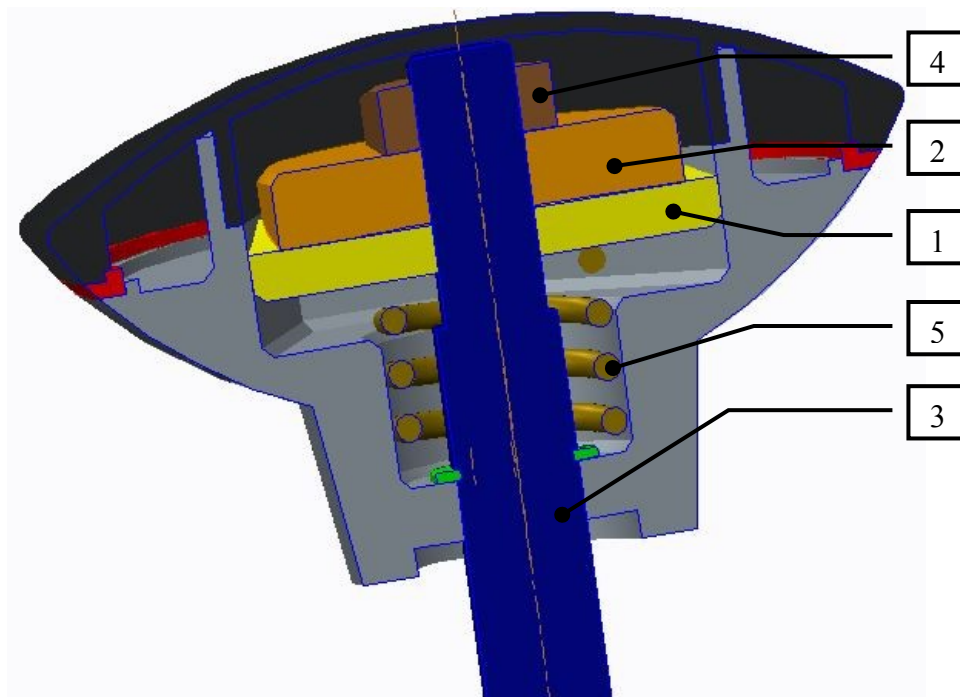
**Tab. 8.1 Parametry pružiny**

<b>Volba materiálu pružiny</b>			
Typ pružiny	tlačná		
Způsob výroby	pružiny formované za studena		
Materiál pružiny	tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1		
Modul pružnosti ve smyku	$G_{20}$	81500	MPa
Mez pevnosti v tahu	$R_m$	2480	MPa
Mezní dovolené napětí v krutu	$T_D$	1240	MPa
Mezní únavová pevnost v krutu	$T_c$	570	MPa
<b>Požadované parametry pracovního cyklu</b>			
Max. pracovní zatížení	$F_8$	15	N
Min pracovní zatížení	$F_1$	13,5	N
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	10	mm
Požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H$	2,5	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	12,5	mm
<b>Parametry navržené pružiny</b>			
Střední průměr pružiny	$D$	3,9	mm
Vnější průměr pružiny	$D_1$	4,4	mm
Vnitřní průměr pružiny	$D_2$	3,4	mm
Průměr drátu pružiny	$d$	0,5	mm
Počet činných závitů	$n$	15	-
Délka volné pružiny	$L_0$	30,9	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	12,6	mm
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	10,1	mm
Poměr vinutí	$i$	7,8	-
Tuhost pružiny	$c$	0,72	N/mm



## 8.2 Návrh č. 2

### Princip čelní zubové pojistné spojky



Obr. 8.5 Návrh č.2

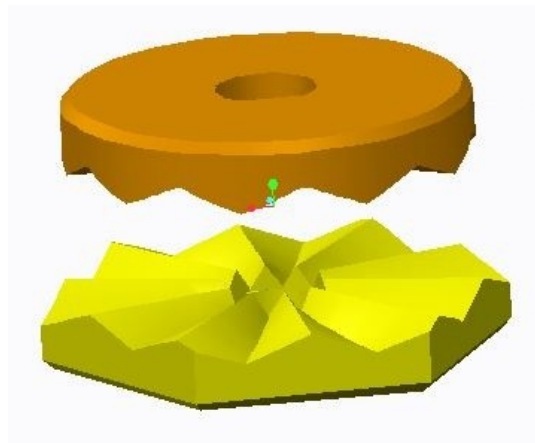
#### Základní části pojistného mechanismu

1. spodní zubový kroužek šestihranný
2. vrchní zubový kroužek kruhový
3. osa madla
4. matice M10
5. tlačná pružina

### 8.2.1 Popis mechanismu

Pojistný element tvoří dva ozubené kroužky (Obr. 8.6). Spodní kroužek je po vnějším šestihranném obvodu ve stálém tvarovém spojení s madlem. Na spodní kroužek zapadá se stejným ozubením vrchní kroužek, který má vnější obvod kruhový ale vnitřní díra je tvarově spojena s osou madla.

Patříčný pojistný moment se nastavuje přitažením matice umístěné nad vrchním kroužkem. Tím se zvětší přitlačná síla na pružinu, která je pod oběma kroužky. Při překročení pojistného momentu dojde k vzájemnému přeskočení obou kroužků a přerušení přenosu momentu.



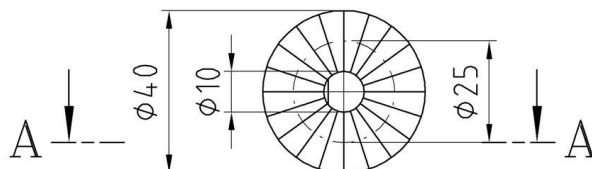
Obr. 8.6 Zubové kroužky

### 8.2.2 Střední průměru zubového kroužku

$$d_{2s} = \frac{D_{2z} + d_{2z}}{2} = \frac{40\text{mm} + 10\text{mm}}{2} = 25\text{mm} \quad (8.11)$$

Kde:  $D_{2z}$  – velký průměr zubového kroužku

$d_{2z}$  – malý průměr zubového kroužku



Obr. 8.7 Střední průměr

### 8.2.3 Výpočet momentové síly

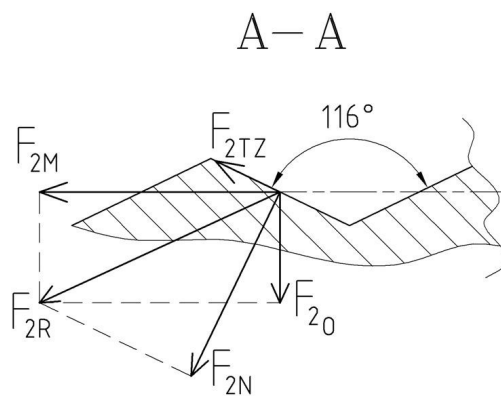
Na ozubeném kroužku je určen střední průměr, na kterém působí síla při překročení pojistného momentu na madle.

$$F_{2M} = \frac{2 \cdot M_p}{d_{2s}} = \frac{2 \cdot 3500 \text{ Nmm}}{26 \text{ mm}} = 280,1 \text{ N} \quad (8.12)$$

Kde:  $M_p$  – pojistný moment

### 8.2.4 Rozklad sil na zub v kroužku [11]

Síla z momentu se dále na zub v kroužku rozkládá dle Obr. 8.8.



Obr. 8.8 Rozklad sil

**Třecí síla na zubu**

$$F_{2TZ} = F_{2N} \cdot f_2 \quad (8.13)$$

Kde:  $f_2$  – součinitel smykového tření pro litina – litina dle [13]

**Zjednodušení**

$$F_{2N} \cong \frac{F_{2M}}{\cos \frac{\alpha_2}{2}} \quad (8.14)$$

Kde:  $\alpha_2$  – vrcholový úhel zubu zubového kroužku

**Vodorovná složka normálové síly**

$$F_{2Nx} = F_{2N} \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} \quad (8.15)$$

**Vodorovná složka reakce**

$$F_{2Rx} = F_{2R} \cdot \cos \left( \frac{\alpha_2}{2} - \varphi_2 \right) \quad (8.16)$$

Kde:  $\varphi_2$  – třecí úhel zubového kroužku

**Vodorovná složka třecí síly**

$$F_{2TZx} = F_{2TZ} \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} \quad (8.17)$$

**Svislá složka normálové síly**

$$F_{2Ny} = F_{2N} \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} \quad (8.18)$$

**Svislá složka reakce**

$$F_{2Ry} = F_{2R} \cdot \sin \left( \frac{\alpha_2}{2} - \varphi_2 \right) \quad (8.19)$$

**Svislá složka třecí síly**

$$F_{2TZy} = F_{2TZ} \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} \quad (8.20)$$

### 8.2.5 Výpočet síly v ose kroužku

Pro výpočet síly působící na pružinu je nutné provést sumu sil do vodorovné a svislé osy.

#### Suma sil ve vodorovné ose

$$\Sigma F_{2x} = F_{2M} - F_{2Rx} - F_{2Nx} - F_{2TZx} = 0 \quad (8.21)$$

#### Suma sil v ose Y

$$\Sigma F_{2y} = F_{2P} - F_{2Ry} - F_{2Ny} + F_{2TZy} = 0 \quad (8.22)$$

#### Třecí úhel zubového kroužku

$$\varphi_2 = \arctg f_2 = \arctg 0,25 = 14^\circ \quad (8.23)$$

Kde:  $f_2$  – součinitel smykového tření pro litina - litina dle [13]

#### Vyjádření síly v ose kroužku [11]

$$F_{2o} = F_{2M} \cdot \tg\left(\frac{\alpha_2}{2} - \varphi_2\right) = 280,1\text{N} \cdot \tg\left(\frac{116^\circ}{2} - 14^\circ\right) = 274,2\text{N} \quad (8.24)$$

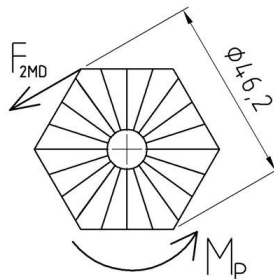
### 8.2.6 Síla působící na pružinu

Z důvodu pohybu spodního zubového kroužku při přeskočení je síla v ose kroužku zmenšena o třecí sílu mezi dírou madla a kroužkem. (Obr. 8.9)

#### Třecí síla v díře madla

$$F_{2TD} = F_{2MD} \cdot f_2 = \frac{2 \cdot M_P}{d_{2dm}} \cdot f_2 = \frac{2 \cdot 3500\text{Nmm}}{46,2\text{mm}} \cdot 0,2 = 30,3\text{N} \quad (8.25)$$

Kde:  $d_{2dm}$  – průměr díry madla



Obr. 8.9 Tření v díře madla

#### Výsledná síla působící na pružinu

$$F_{2P} = F_{2o} - F_{2TD} = 274,2\text{N} - 30,3\text{N} = 243,9\text{N} \quad (8.25)$$

### 8.2.7 Návrh pružiny

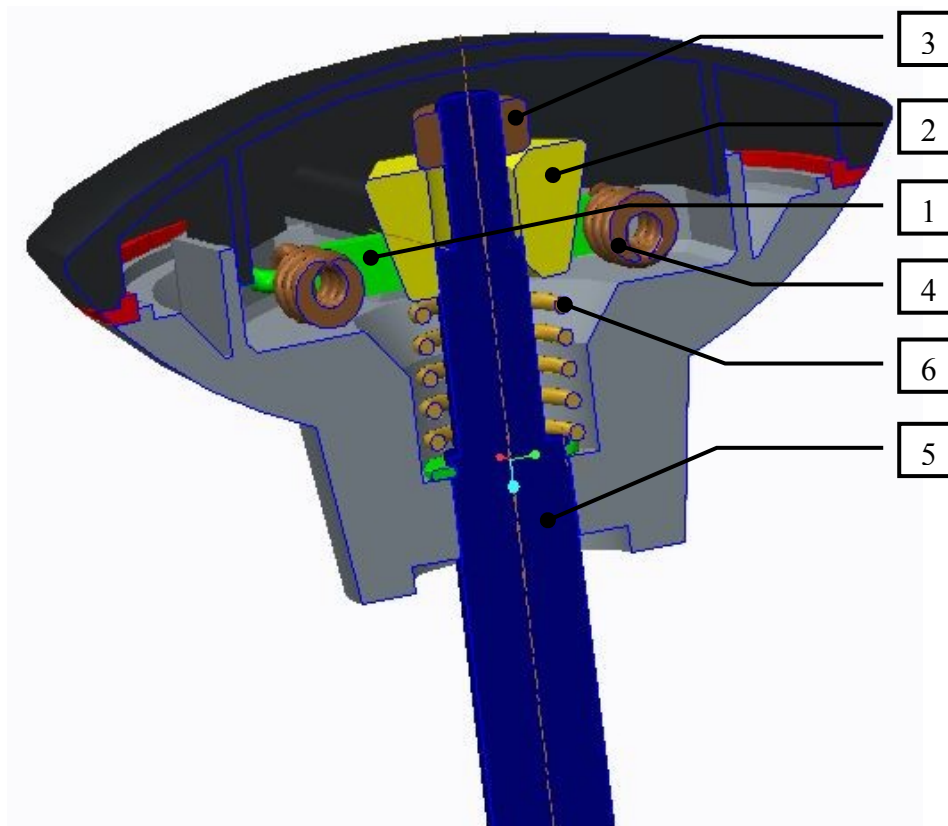
- v tab. 8.2 jsou uvedeny základní parametry navrhnuté pružiny
- úplný výpočet viz. Příloha C

**Tab. 8.2 Parametry pružiny**

<b>Volba materiálu pružiny</b>			
Typ pružiny	tlačná		
Způsob výroby	pružiny formované za studena		
Materiál pružiny	tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1		
Modul pružnosti ve smyku	$G_{20}$	81451	MPa
Mez pevnosti v tahu	$R_m$	2480	MPa
Mezní dovolené napětí v krutu	$T_D$	1900	MPa
Mezní únavová pevnost v krutu	$T_c$	437	MPa
<b>Požadované parametry pracovního cyklu</b>			
Max. pracovní zatížení	$F_8$	270	N
Min pracovní zatížení	$F_1$	243,7	N
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	18	mm
Požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H$	2,5	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	20,5	mm
<b>Parametry navržené pružiny</b>			
Střední průměr pružiny	$D$	19,9	mm
Vnější průměr pružiny	$D_1$	22,4	mm
Vnitřní průměr pružiny	$D_2$	17,4	mm
Průměr drátu pružiny	$d$	2,5	mm
Počet činných závitů	$n$	4	-
Délka volné pružiny	$L_0$	39,7	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	20,5	mm
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	18	mm
Poměr vinutí	$i$	7,95	-
Tuhost pružiny	$c$	12,67	N/mm

### 8.3 Návrh č.3

#### Princip svíracího mechanismu



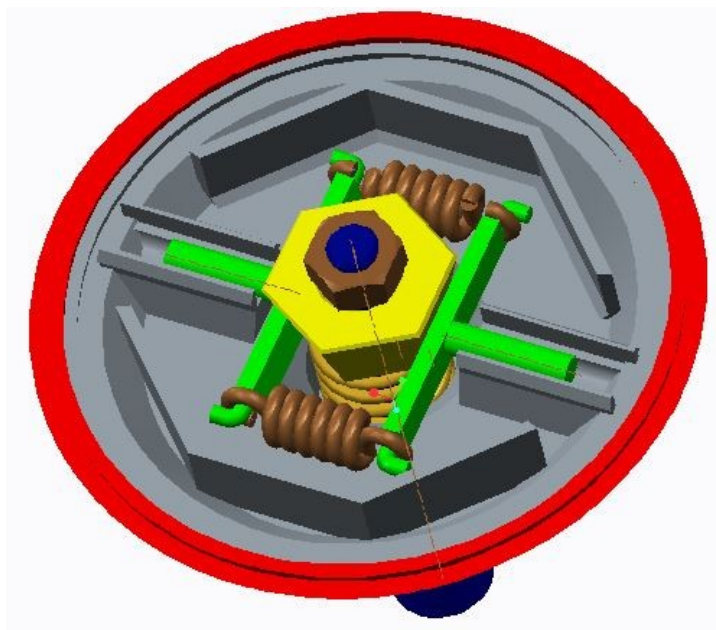
#### Základní části pojistného mechanismu

1. svírací čelisti
2. šestiboký jehlan
3. matice M6
4. tažné pružiny
5. osa madla
6. tlačná pružina

### 8.3.1 Popis mechanismu

Pojistný mechanismus je tvořený dvěma proti sobě uloženými svíracími čelistmi. Tyto čelisti vzájemně stahují šestiboký jehlan pomocí dvou tažných pružin, které jsou uchyceny na konci čelisti. Šestiboký jehlan je tvarově spojený s osou madla.

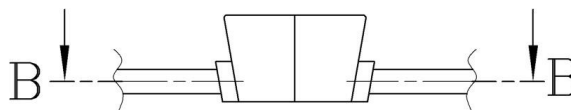
Patříčným pojistným moment se nastavuje přitahováním matice, která posouvá šestihranný jehlan po ose madla, roztahuje navzájem od sebe čelisti a tím se zvětšuje roztažná síla tažných pružin. Šestiboký jehlan udržuje v dané poloze tlačná pružina umístěná ve spodní části. Při překročení pojistného momentu dojde k protočení šestiboku ze sevření.



Obr. 8.10 Návrh č. 3 bez víčka madla

### 8.3.2 Poloha čelistí

Pro výpočet je bráno v úvahu, že svírací čelisti jsou nastaveny v nejnižší poloze.



Obr. 8.11 Poloha čelistí



### 8.3.3 Rozklad sil mezi čelistmi

Vlivem překročení pojistného momentu dochází k roztahování čelistí a rozkladu sil dle Obr. 8.12.

#### Momentová rovnováha

$$M_P = F_{3N} \cdot a + F_{3T} \cdot b \quad (8.27)$$

$$M_P = F_{3N} \cdot a + F_{3T} \cdot f_2 \cdot b \quad (8.28)$$

Kde:  $f_2$  – součinitel smykového tření pro litina - litina dle [13]

$a$  – vzdálenost mezi normálovými silami

$b$  – vzdálenost mezi čelistmi

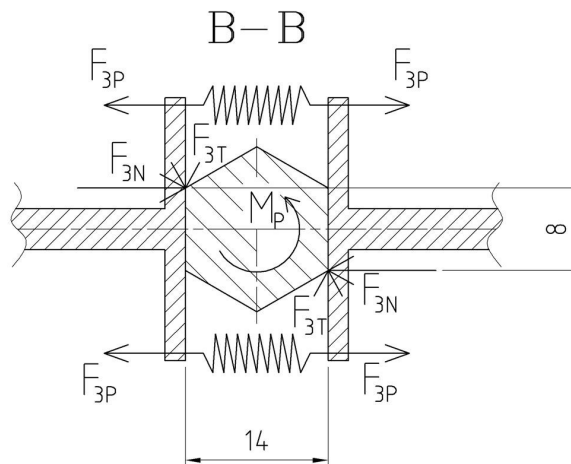
#### Třecí síla

$$F_{3T} = F_{3N} \cdot f_2 \quad (8.29)$$

Kde:  $f_2$  – součinitel smykového tření pro litina – litina dle [13]

#### Vyjádření normálové síly

$$F_{3N} = \frac{M_P}{a + f_2 \cdot b} = \frac{3500 \text{ Nmm}}{8 \text{ mm} + 0,15 \cdot 14 \text{ mm}} = 320 \text{ N} \quad (8.30)$$



Obr. 8.12 Rozklad sil

### 8.3.4 Síla působící na pružinu

Vzhledem k velikostem čelistí je bráno následující zjednodušení.

$$F_{3P} = \frac{F_{3N}}{2} = \frac{320 \text{ N}}{2} = 160 \text{ N} \quad (8.31)$$

### 8.3.5 Návrh pružiny

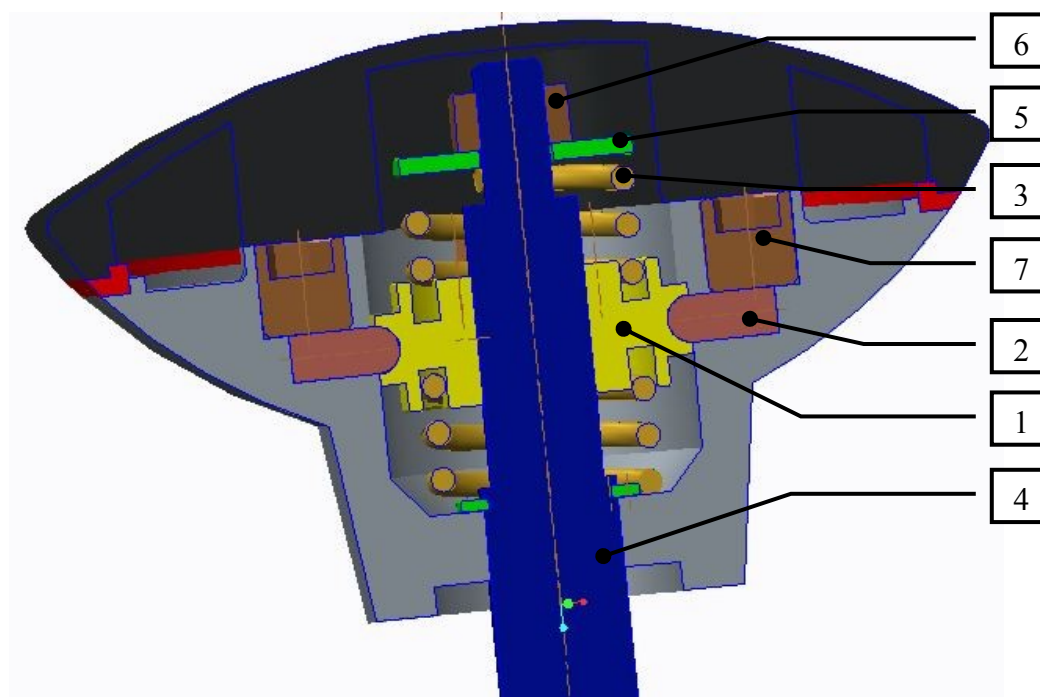
- v tab. 8.3 jsou uvedeny základní parametry navrhnuté pružiny
- úplný výpočet viz. Příloha D

**Tab. 8.3 Parametry pružiny**

<b>Volba materiálu pružiny</b>			
Typ pružiny	tažná		
Způsob výroby	pružiny formované za studena		
Materiál pružiny	legovaný drát třídy FDSiCr dle EN 10270 2		
Modul pružnosti ve smyku	$G_{20}$	79500	MPa
Mez pevnosti v tahu	$R_m$	2030	MPa
Mezní dovolené napětí v krutu	$T_D$	1015	MPa
<b>Požadované parametry pracovního cyklu</b>			
Max. pracovní zatížení	$F_8$	175	N
Min pracovní zatížení	$F_1$	160	N
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	28	mm
Požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H$	2,2	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	25,8	mm
<b>Parametry navržené pružiny</b>			
Střední průměr pružiny	$D$	10	mm
Vnější průměr pružiny	$D_1$	12,4	mm
Vnitřní průměr pružiny	$D_2$	8,6	mm
Průměr drátu pružiny	$d$	1,9	mm
Počet činných závitů	$n$	4	-
Délka volné pružiny	$L_0$	18,4	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	20,5	mm
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	22,7	mm
Poměr vinutí	$i$	5,53	-
Tuhost pružiny	$c$	28,65	N/mm

## 8.4 Návrh č.4

### Princip pohybového šroubu



Obr. 8.13 Návrh č.4

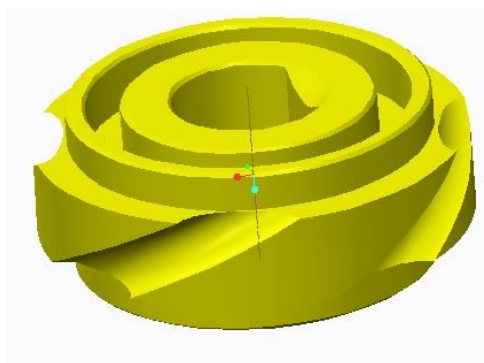
### Základní části pojistného mechanismu

1. závitový kroužek
2. čep
3. tlačné pružiny
4. osa madla
5. podložka
6. matice M6
7. stavěcí šroub M8

### 8.4.1 Popis mechanismu

Hlavní částí pojistného mechanismu je závitový kroužek (Obr. 8.14), který se částečně šroubuje na čtyřech po obvodu madla rovnoměrně uložených čepech. Správnou polohu kroužku zajišťují z obou stran uložené tlačné pružiny. Kroužek je tvarově spojen s osou madla s možností pohybu po ose madla.

Patříčný pojistný moment se nastavuje maticí, která zvyšuje přitlačnou sílu závitového kroužku na pružinu. Při překročení pojistného momentu dojde k tzv. vyšroubování kroužku, vyjetí čepů ze závitu a protočení madla.



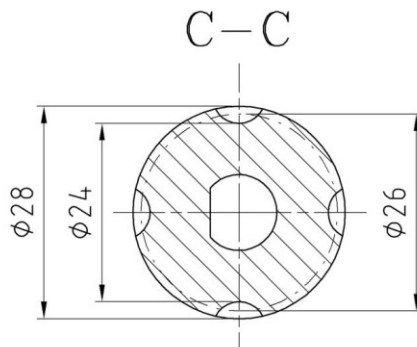
Obr. 8.14 Závitový kroužek

### 8.4.2 Středního průměru závitu

$$d_{3s} = \frac{D_{3z} + d_{3z}}{2} = \frac{28\text{mm} + 24\text{mm}}{2} = 26\text{mm} \quad (8.32)$$

Kde:  $D_{3z}$  – velký průměr závitu

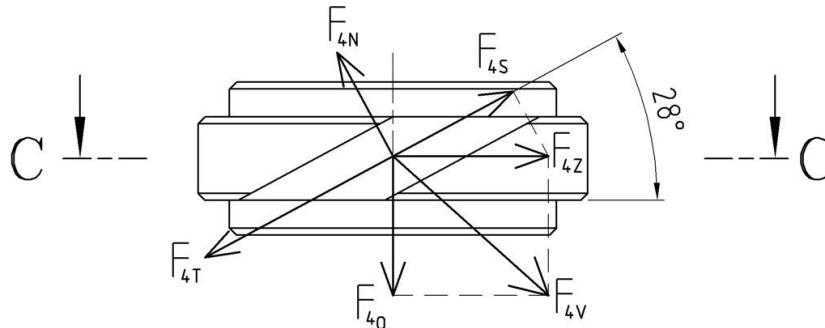
$d_{3z}$  – malý průměr závitu



Obr. 8.15 Střední průměr

### 8.4.3 Rozklad sil v závitu kroužku [10]

Při překročení pojistného momentu dochází ke šroubování kroužku po čepích a následnému rozkladu sil v závitu kroužku dle Obr. 8.16.



Obr. 8.16 Rozklad sil

#### Třecí úhel

$$\varphi_3 = \arctg \frac{f_2}{\cos \frac{\alpha_3}{2}} = \arctg \frac{0,2}{\cos \frac{30^\circ}{2}} = 13^\circ \quad (8.33)$$

Kde:  $\alpha_3$  – vrcholový úhle oblého závitu

$f_2$  – součinitel smykového tření pro litina – ocel dle [13]

#### Úhel stoupání

$$\psi = \arctg \frac{P_h}{\pi \cdot d_{3s}} = \arctg \frac{44\text{mm}}{\pi \cdot 26\text{mm}} = 28^\circ \quad (8.34)$$

Kde:  $P_h$  – stoupání závitu

$d_{3s}$  – střední průměr závitu

#### Podmínka samosvornosti

$$\varphi_3 \geq \psi \quad (8.35)$$

- u pohybového šroubu tato podmínka neplatí

#### Síla na závit

$$F_{4Z} = F_{40} \cdot \tg(\psi + \varphi_3) \quad (8.36)$$

#### 8.4.4 Síla v ose závitového kroužku

Síla v ose závitového kroužku vyvinutá překročením pojistného momentu [10]

$$F_{4o} = \frac{M_p}{\operatorname{tg}(\psi + \varphi_3) \cdot \frac{d_{3s}}{2}} = \frac{3500\text{Nmm}}{\operatorname{tg}(28^\circ + 13^\circ) \cdot \frac{26\text{mm}}{2}} = 290,1\text{N} \quad (8.37)$$

Kde:  $M_p$  – pojistný moment

$\psi$  – úhle stoupání závitu

$\varphi_3$  – třecí úhel závitu

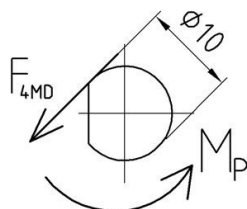
#### 8.4.5 Síla působící na pružinu

Z důvodu pohybu závitového kroužku při překročení pojistného momentu je síla v ose kroužku zmenšena o třecí sílu v jeho díře při jeho pohybu (Obr. 8.17).

##### Třecí síla v díře závitového kroužku

$$F_{4TD} = F_{4MD} \cdot f_2 = \frac{2 \cdot M_p}{d_{dzk}} \cdot f_2 = \frac{2 \cdot 3500\text{Nmm}}{10} \cdot 0,2 = 140\text{N} \quad (8.38)$$

Kde:  $d_{dzk}$  – průměr díry závitového kroužku



Obr. 8.17 Třecí síla

##### Výsledná síla působící na pružinu

$$F_{4P} = F_{4o} - F_{4TD} = 290,1\text{N} - 140\text{N} = 150,1\text{N} \quad (8.39)$$

#### 8.4.6 Návrh pružiny

- v tab. 8.4 jsou uvedeny základní parametry navrhnuté pružiny
- úplný výpočet viz. Příloha E

**Tab. 8.4 Parametry pružiny**

<b>Volba materiálu pružiny</b>			
Typ pružiny	tlačná		
Způsob výroby	pružiny formované za studena		
Materiál pružiny	tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1		
Modul pružnosti ve smyku	$G_{20}$	79500	MPa
Mez pevnosti v tahu	$R_m$	2030	MPa
Mezní dovolené napětí v krutu	$T_D$	1015	MPa
Mezní únavová pevnost v krutu	$T_c$	570	MPa
<b>Požadované parametry pracovního cyklu</b>			
Max. pracovní zatížení	$F_8$	166	N
Min pracovní zatížení	$F_1$	150	N
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	8,5	mm
Požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H$	5	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	13,5	mm
<b>Parametry navržené pružiny</b>			
Střední průměr pružiny	$D$	18,8	mm
Vnější průměr pružiny	$D_1$	20,9	mm
Vnitřní průměr pružiny	$D_2$	16,7	mm
Průměr drátu pružiny	$d$	2,1	mm
Počet činných závitů	$n$	2	-
Délka volné pružiny	$L_0$	21,5	mm
Délka předpružené pružiny	$L_1$	14,4	mm
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	9,4	mm
Poměr vinutí	$i$	8,98	-
Tuhost pružiny	$c$	14,78	N/mm

## 9 Měření vibrací stroje FX135

Vlivem sil vzniklých od vibrací během procesu odstředování prádla je namáhán dveřní uzel.

Z důvodu přesného vyhodnocení sil, bylo důležité provést vlastní měření. Reálné hodnoty byly nutné ke správnému dimenzování a kontrole částí ve dveřní sestavě.

Zjištění sil probíhalo nepřímo přepočtem z hodnot zrychlení naměřených akcelerometrem umístěným na rámu dveří při spuštěném procesu odstředování a dané nevývaze pracího bubnu.



Obr. 9.1 Pohled na měřenou pračku Primus

### 9.1 Určení nevývahy bubnu

Měření bylo prováděno na pračce s označením FX 135. Celková hmotnost náplně je 13,5 kg. Maximální povolená nevývaha dána výrobcem je 15 % z celkové hmotnosti náplně. Po překročení této míry dojde z důvodu bezpečnosti automaticky ke snížení otáček odstředování. Maximální otáčky odstředování jsou  $1075 \text{ min}^{-1}$ .



## 9.2 Náhrada nevývahy

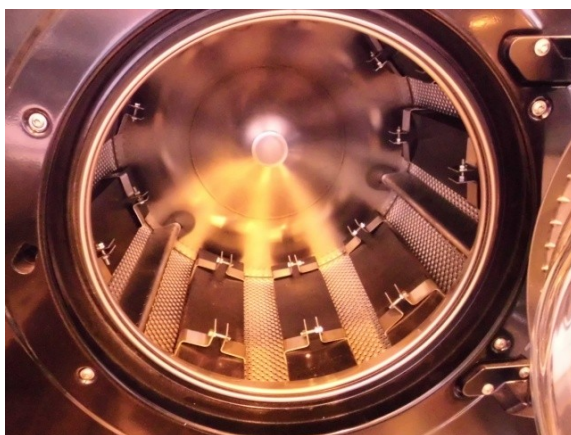
Celková hmotnost prádla byla nahrazena 9 závažími, které jsou tvořeny pryžovými pláty s rozměry 400x100x3 mm (Obr. 9.2). Jedno závaží obsahuje celkem 10 plátů. Prací bublen má po obvodu 3 části, do kterých se rovnoměrně závaží jednotlivě po 3 kusech rozmístily (Obr. 9.3). Pro simulování 15% nevývahy byla navýšena hmotnost 3 závaží o 2,025 kg (9.1) což odpovídá 12 plátů pryží navíc.

### Hmotnost nevývahy

$$m_n = \frac{15\%}{100\%} \cdot m_c = \frac{15\%}{100\%} \cdot 13,5\text{kg} = 2,025\text{kg} \quad (9.1)$$



Obr. 9.2 Pryžové závaží 400x100x32



Obr. 9.3 Rozmístění pryžových závaží po obvodu bubnu

### 9.3 Umístění snímače zrychlení

Pro přesné vyhodnocení působících sil na dveřní uzel, byl použit snímač zrychlení Wilcoxon Research model 993A. Upevnění bylo provedeno pomocí šroubu M5 přímo na obvodu rámu dveří ve svislé ose bubnu. (Obr.9.4)

Natočení snímače bylo tak, aby vhodně odpovídal souřadný systém os X, Y a Z. Všechny 3 osy jsou definovány z pohledu na čelo pračky.

- osa X kladný směr horizontálně vpravo
- osa Y kladný směr vertikálně nahoru
- osa Z kladný směr v ose bubnu dopředu



Obr. 9.4 Umístění snímače na rámu dveří

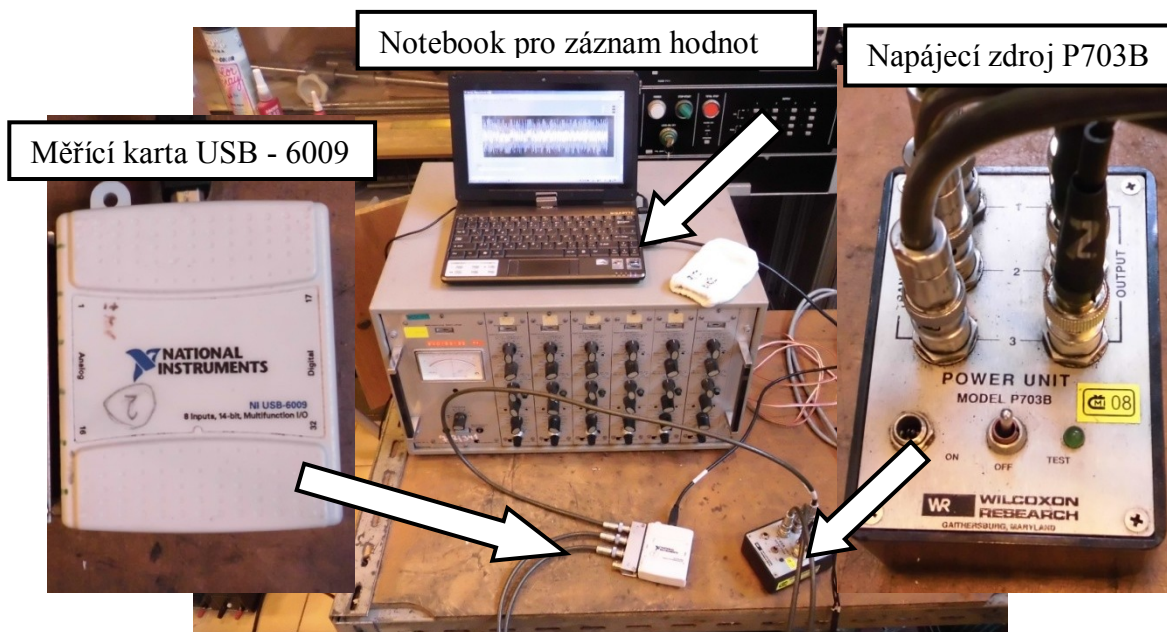
Pro přepočet naměřených hodnot napětí na skutečné hodnoty zrychlení, platí pro použitý snímač měřítko v Tab.9.1

**Tab. 9.1 Měřítko pro použitý snímač**

Měřítko použitého snímače	
Směr souřadného systému	Měřítko $\text{m.s}^{-2}/\text{V}$
X	102,19
Y	103,26
Z	104,36

## 9.4 Měřicí aparatura

Záznam výsledků probíhal v programu LabView a následně byly hodnoty ukládány do notebooku. Snímač zrychlení byl propojený se zdrojem napájení do tří vstupních kanálů. Jednotlivé výstupní kanály byly spojeny s měřicí kartou a dále pak USB kabelem do notebooku.



Obr. 9.5 Pohled na měřicí aparaturu

## 9.5 Části měření

Měření mělo celkem 4 částí, kdy se u prvních tří měřilo zrychlení vibrací na dveřích a měření číslo 4 bylo dodatečné, ale důležité pro porovnání rozdílného chování pračky během odstředování s pryžovými závažími a prádlovou náplní. Během měření vibrací byl zaznamenán negativní ruch, který měření výrazně ovlivňoval. Aby se dosáhlo hodnot, které skutečně zatěžují dvevní uzel, musely se tyto negativní vlivy tzv. filtrovat.

**Program odstředování je složený ze 4 procesů:**

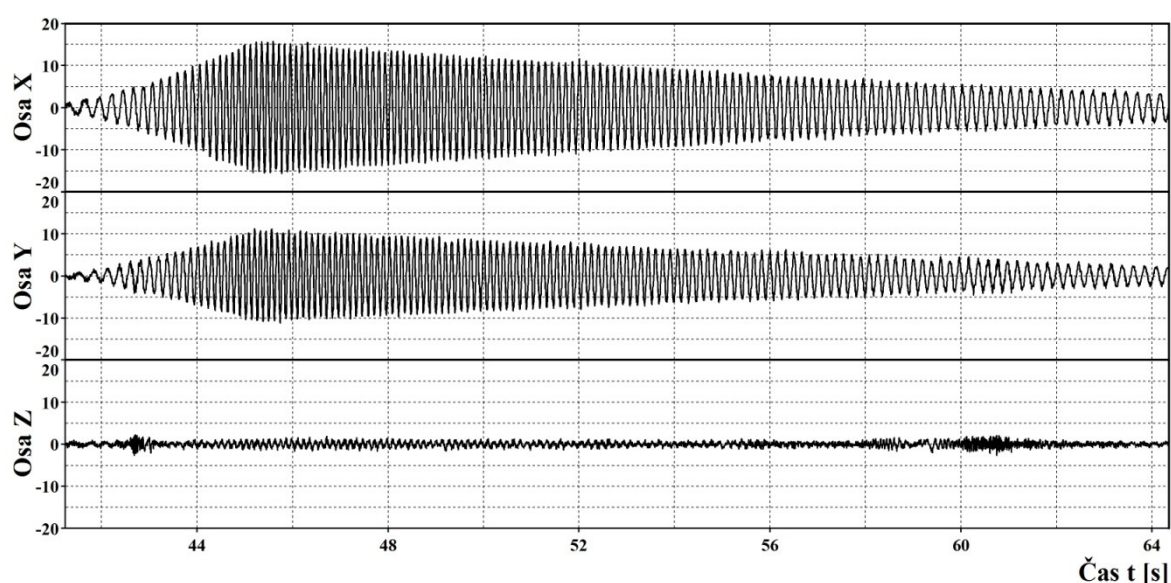
1. rozběh pračky s otáčky bubnu  $370 \text{ min}^{-1}$
2. první stupeň odstředování s otáčky bubnu  $960 \text{ min}^{-1}$
3. druhý stupeň odstředování s maximálními otáčky bubnu  $1075 \text{ min}^{-1}$
4. dokončení procesu odstředování

## 10 Průběhy vibrací

### 10.1 Měření č.1 - Rozběh pračky

Program rozložení prádla je nastaven tak, že dojde k prudkému navýšení otáček bubnu a pozvolnému dotočení vlivem setrvačnosti. Poté se automaticky změní smysl otáček a postup se opakuje. Proces je ukončen po vyhodnocení řídicí jednotky o optimálním rozložení prádla.

**Graf 10.1 Průběh vibrací při rozběhu pračky**



Nejvyšší vibrace jsou zaznamenány na začátku procesu při prudkém navýšení otáček. Vibrace dále pozvolně ustávají. Maximální hodnoty jsou naměřeny v ose X a přibližně shodných hodnot také v ose Y. Zanedbatelné vibrace jsou v ose Z.

**Tab. 10.1 Maximální hodnoty zrychlení v jednotlivých osách**

	Osa X	Osa Y	Osa Z
Zrychlení $a$ [ $\text{m/s}^2$ ]	15,92	11,26	2,88

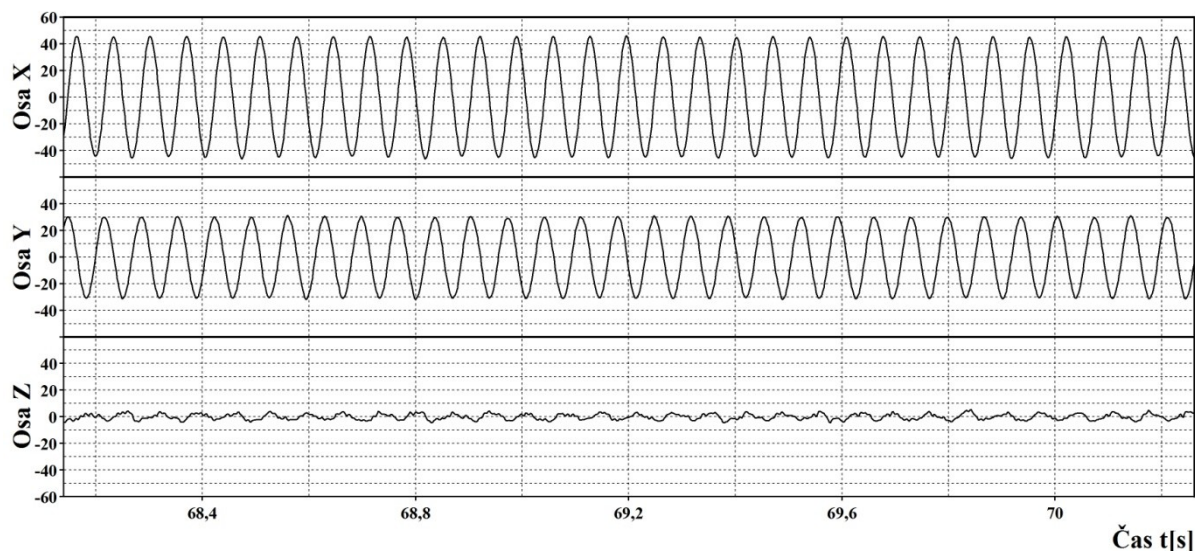
**Tab. 10.2 Zrychlení v osách Y a Z při maximální hodnotě zrychlení v ose X**

	Osa X	Osa Y	Osa Z
Zrychlení $a$ [ $\text{m/s}^2$ ]	15,92	0,54	0,04

## 10.2 Měření č.2 - První stupeň odstředování

V prvním stupni odstředování jsou otáčky bubnu  $960 \text{ min}^{-1}$  po dobu cca 5 minut a slouží k postupnému odstředění největšího objemu vody z prádla.

**Graf 10.2 Průběh vibrací při prvním stupni odstředování**



Výsledky z měření jsou uvedeny v Tab.10.3 a Tab.10.4. Maximální naměřené hodnoty jsou v ose X. Poté jsou zaznamenány vysoké vibrace v ose Y. V ose Z shodnou s osou bubnu jsou vibrace zanedbatelné.

**Tab. 10.3 Maximální hodnoty zrychlení v jednotlivých osách**

	Osa X	Osa Y	Osa Z
Zrychlení $a$ [ $\text{m/s}^2$ ]	46,21	31,22	5,49

**Tab. 10.4 Zrychlení v osách Y a Z při maximální hodnotě zrychlení v ose X**

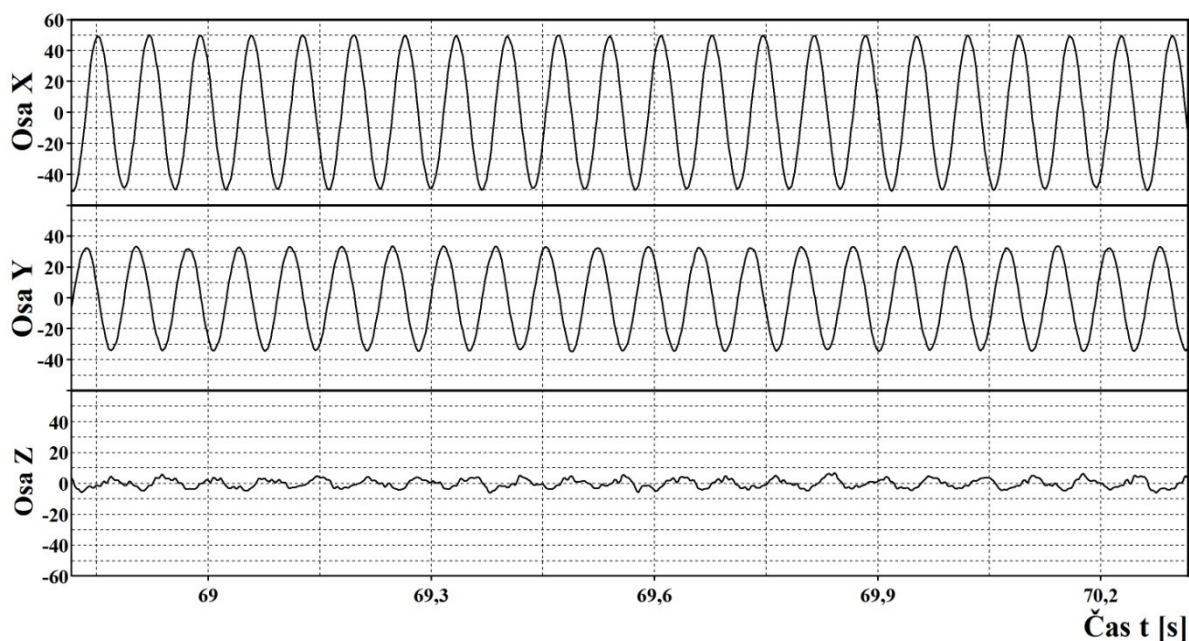
	Osa X	Osa Y	Osa Z
Zrychlení $a$ [ $\text{m/s}^2$ ]	46,21	3,29	0,88



### 10.3 Měření č.3 - Druhý stupeň odstřed'ování

Ve druhém stupni odstřed'ování jsou otáčky bubnu  $1075 \text{ min}^{-1}$  a slouží k maximálnímu odstředění zbylého objemu vody z prádla z prvního stupně. Doba procesu je cca 3 minuty.

**Graf 10.3 Průběh vibrací při druhém stupni odstřed'ování**



Maximální hodnoty zrychlení jsou naměřeny v ose X. Buben má tendenci nejvíce vibrovat do stran při pohledu na čelo pračky. V ose Y vibruje buben méně než v ose X z důvodu, že v tomto směru vibrace zachycují tlumiče a vinuté pružiny umístěné mezi prací jednotkou a rámem pračky. Zanedbatelné vibrace se vyskytují v ose Z, která je shodná s osou bubnu.

**Tab. 10.5 Zrychlení v jednotlivých osách**

	Osa X	Osa Y	Osa Z
Zrychlení $a$ [ $\text{m/s}^2$ ]	51,04	34,32	7,05

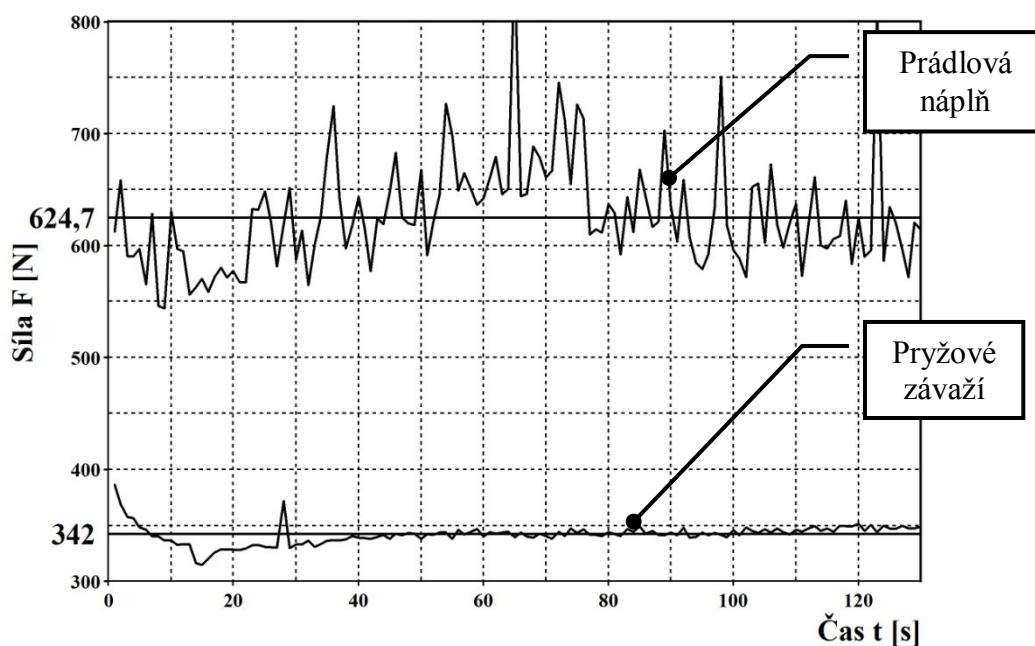
**Tab. 10.6 Zrychlení v osách Y a Z při maximální hodnotě v ose X**

	Osa X	Osa Y	Osa Z
Zrychlení $a$ [ $\text{m/s}^2$ ]	51,04	3,77	-1,68

#### 10.4 Měření č.4 - Síly působící na podlahu<sup>3</sup>

Experimentálním měřením bylo zjištěno, že síly působící na podlahu při procesu odstředování jsou rozdílné při náplni prádlem a s ekvivalentním nahrazením prádla pryžovým závažím. Proto je důležité brát tento rozdíl v úvahu při vyhodnocování sil na dveřní uzel.

**Graf 10.4 Průběh sil do podlahy s prádlovou a pryžovou náplní**



**Tab. 10.7 Střední hodnoty sil působících do podlahy**

	Střední hodnota $F_s$ [N]
Prádlo	624,7
Pryž	342

**Koeficient poměru zatížení podlahy prádlo – pryž**

$$k_{PP} = \frac{F_{s-\text{prádlo}}}{F_{s-\text{pryž}}} = \frac{624,7\text{N}}{342\text{N}} = 1,82 \quad (10.1)$$

<sup>3</sup> Měření č.4 – Síly působící na podlahu – měření a výsledky použity z literatury [9]

## 11 Vyhodnocení vibrací

Jako nekritičtější situace je brána taková, kdy se maximální hodnoty zrychlení v jednotlivých osách projeví najednou. Tato situace je však jenom teoretická.

### 11.1 Skutečné zrychlení

Pro převod naměřených hodnot zrychlení s použitím pryžových závaží na hodnoty reálné pro prádlovou náplň pračky slouží poměrový koeficient z rovnice (10.1), kterým jsou hodnoty vibrací z pryžovým závažím násobeny.

$$a_{S(X,Y,Z)} = a_{N(X,Y,Z)} \cdot k_{PP} \quad (11.1)$$

**Tab. 11.1 Maximální hodnoty zrychlení**

	Třídění a [m/s <sup>2</sup> ]			Odstřed'ování 1. stupeň a [m/s <sup>2</sup> ]			Odstřed'ování 2. stupeň a [m/s <sup>2</sup> ]		
Osa	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Pryž	16	11	3	46	31	5	51	34	7
Prádlo	29	21	5	84	57	10	93	62	13

### 11.2 Síly působící na dveřní uzel

Pro jednotlivé části dveřního uzlu jsou známy hmotnosti. Podle maximálních hodnot zrychlení při druhém stupni odstřed'ování pro prádlo z Tab. 11.1 jsou dle rovnice (10.3) dopočítány působící síly

$$F_{\check{C}U} = m_{\check{C}U} \cdot a_{S(X,Y,Z)} \quad (11.2)$$

**Tab. 11.2 Maximální působící síly**

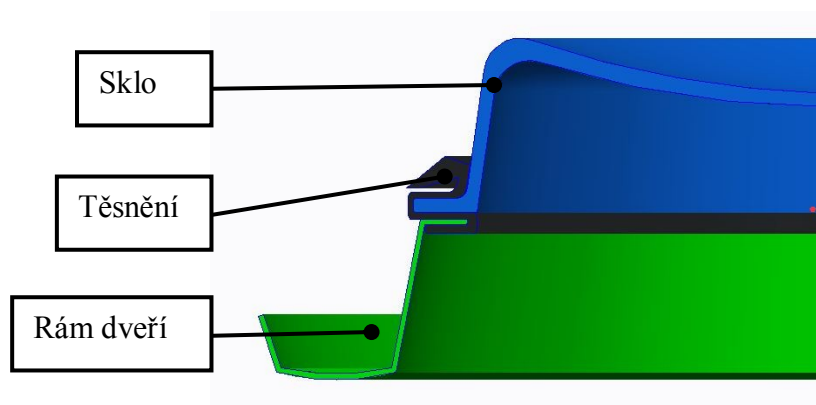
	Hmotnost m [kg]	Osa X F [N]	Osa Y F [N]	Osa Z F [N]
<b>Rám dveří (+panty + madlo)</b>	1,9	176,5	118,7	24,3
<b>Těsnění</b>	0,5	46,4	31,2	6,4
<b>Sklo</b>	2,1	195,1	131,2	26,9



## 12 Vliv působících sil na dveřní uzel

Podle Tab 11.2 působí na dveřní uzel největší síly od skla. Proto je v následující kapitole zaměřeno na vlivy způsobené sklem.

### 12.1 Části uložení



Obr. 12.1 Model stávajícího uložení

### 12.2 Stávající uložení skla

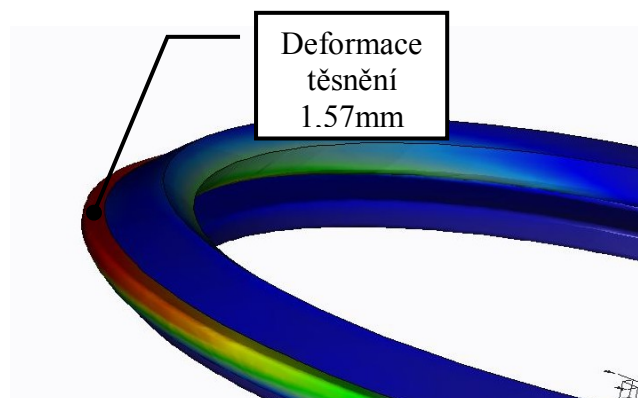
Sklo je uložené v těsnění a společně pak vloženo do rámu dveří. Dál není použito přídatných spojovacích materiálů. Proto je spojení nedostatečně tuhé a pevné. Určitá volnost pohybu skla, může mít za následek opotřebování těsnění a jeho následnou špatnou funkci v podobě protékání vody.



Obr. 12.2 Detail skutečného uložení

### 12.3 Simulace stávajícího uložení skla

Pro zjištění působení skla ve stávajícím uložení je simulace z výpočetních důvodů zjednodušena. Rám dveří i samotné sklo je ze simulace částečně vyloučeno. Rám dveří je nahrazen pevnou vazbou těsnění ve spojovací drážce. Velikost a směr působících sil jsou zadány dle Tab. 11.2 a jsou zaneseny do míst styku s těsněním. Dále jsou povoleny, nebo zadrženy pohyby těsnění tak aby se simulace co nejvíce blížila reálnému zatížení.

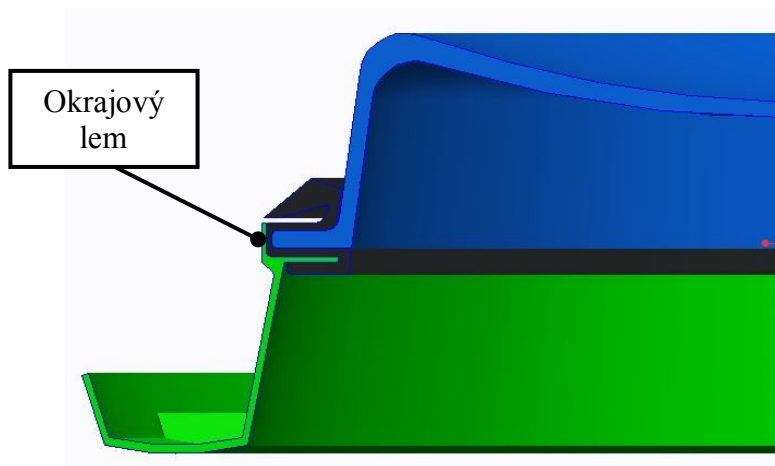


Obr. 12.3 Deformace stávajícího těsnění

Provedená simulace prokázala nechtěný pohyb skla s těsněním o hodnotu 1,57 mm. Tato deformace je maximální vždy ve směru působících sil. Ve skutečnosti má však namáhání kruhový charakter z důvodu otáčení nevyváženého bubnu a obíhání vibrací. V daném momentu je namáhání složeno z výslednice působících sil v jednotlivých osách. Působení osy Z je zanedbáno. V simulaci je použit teoretický případ okamžitého působení max. sil v ose X a Y.

## 12.4 Návrh úpravy rámu dveří

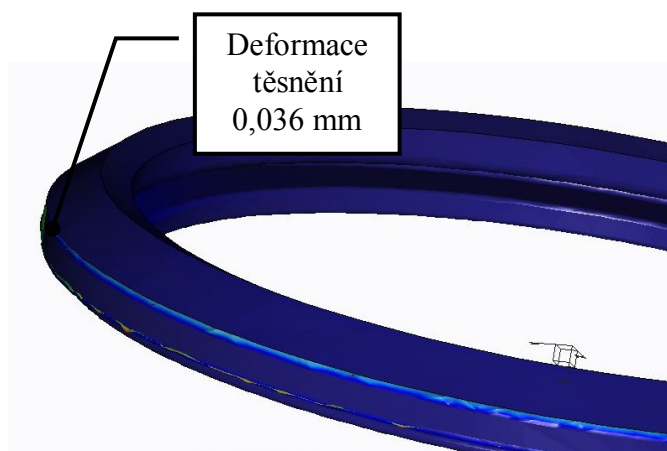
Pro zamezení pohybu skla s těsněním je navrhnut okrajový lem na rámu dveří. Tato úprava si vyžaduje navýšení množství materiálu o 10,8 % oproti stávajícímu rámu.



Obr. 12.4 Návrh úpravy rámu dveří

## 12.5 Simulace úpravy rámu dveří

Pro simulaci byly použité stejné podmínky jako u výpočtu stávajícího uložení s tím rozdílem, že byl těsnění zastaven pohyb okraje, tak aby nahrazoval navrhnutý lem. Simulace prokázaly zlepšení pevnosti a tuhosti skla s těsněním. Pohyb se touto úpravou zmenšil na hodnotu 0,036 mm. Oproti stávajícímu rámu dveří se jedná o zmenšení deformace o 97,7 %.



Obr. 12.5 Deformace těsnění po úpravě rámu dveří

## 13 Závěr

Téma této diplomové práce řešení konstrukčního uzlu dveře – zámek – těsnění pracího stroje FX je zadána firmou Primus CE, spol. s.r.o., která je výrobcem průmyslové prádelenské techniky. Konkrétně se jedná o vylepšení funkce uzavírání dveří pračky a návrh odstranění netěsnosti mezi rámem dveří a rámem samotné pračky.

Pro snazší přehled v dané problematice je v úvodu práce proveden přehled používaných typů uzavírání dveří u konkurenčních firem jako je Asko, LG, Unimac, Electrolux, Weiku a Primus. U jednotlivých typů je popsán princip a charakteristika uzavírání doplněna o reálné fotografie.

Po úvodní rešerši byla podrobně popsána funkce a základní části stávajícího madla firmy Primus pro pračky řady FX. Důležitou částí madla je pojistný systém, který chrání elektronický jistící zámek proti poškození při překročení uzamykacího momentu. Z důvodu výskytu poruch správné funkce madla v praxi bylo nutné provést analýzu základních částí formou životnostní zkoušky. Pro daný počet 7500 cyklů nejlépe vyhovuje osa a zapadávací kroužek z oceli. V určitých případech však vznikaly praskliny na žebrech plastového madla, které snižovaly jeho správnou funkci. Provedené počítačové simulace tlakového lití madla prokázaly vznik studených spojů v místech prasklin. Proto byly navrženy úpravy místa a počtu vtoků a dále byl také optimalizován vnitřní prostor madla s ohledem na technologii výroby. U prvního návrhu se studené spoje nevyskytovaly, avšak druhá úprava formy opět vykazovala poruchy vnitřní struktury materiálu v kritických místech.

Možností jak zamezit výskytu prasklin na žebrech madla bylo navrženo variantního řešení stávajícího systému uzavírání dveří takovým způsobem, aby se odstranily samotné žebra, u kterých praskliny vznikaly. U prvního návrhu je zachován stávající princip pojistné kuličkové spojky s rozdílem umístění sestavy kuličky, pružiny a šroubu pod úhlem k ose madla. Tímto způsobem se využila část madla, která byla jinak zcela zaplněna. Další návrh je založen na principu pojistné čelní zubové spojky, dále princip svíracích čelistí a jako poslední je návrh s principem pohybového šroubu.

U všech typů je možnost nastavení pojistného momentu pouze jednou maticí, oproti čtyřem šroubů u stávajícího mechanismu. Pro jednotlivé principy byly nadimenzovány základní části a poté vypočtena potřebná velikost pružiny. Pro názornost byly návrhy doplněny obrázky s vytvořenými modely.

Pro správné simulování zatížení dveřního uzlu bylo nutné znát reálné hodnoty působících sil. Proto byla provedena série měření vibrací stroje FX při odstředování. Program odstředování je složen ze 4 procesů – rozběh, první a druhá fáze odstředování a doběh. Proto byly také provedeny měření vibrací pro jednotlivé procesy. Jako náhrada prádlové náplně byly použité pryžové závaží, tak aby odpovídala výrobcem daná maximální 15% nevývaha vzhledem k množství náplně. Podle vyhodnocení výsledků, vznikají nejvyšší vibrace ve druhé fázi odstředování při maximálních otáčkách bubnu  $1075 \text{ min}^{-1}$  ve směru do stran bubnu při pohledu na čelo pračky. Experimentální měření však prokázalo rozdílné hodnoty při měření s prádlovou náplní a pryžovými závažími. Proto bylo nutné tento rozdíl do výsledků zahrnout. Podle známých hmotností jednotlivých částí dveřního uzlu byly dopočítány působící síly.

Síly od vibrací působí na části dveřního uzlu různě v závislosti na jejich hmotnosti. Při návrhu odstranění netěsnosti mezi rámem dveří a rámem pračky bylo soustředěno na působení skla, které má nejvyšší hmotnost. Na sklo je vloženo těsnění a společně pak usazeno do rámu dveří. Provedené simulace ukázaly, že během vibrací se sklo s těsněním pohybuje. Maximální výchylka je 1,57 mm a je pravděpodobné, že tento pohyb může mít za následek odírání těsnění a následnou jeho netěsnost. Byla proto navrhována úprava rámu dveří v podobě okrajového lemu, který fixuje těsnění se sklem. Simulace s touto úpravou prokázaly zmenšení pohybu o 97,7%.

## 14 Seznam použité literatury

- [1] *Primus Laundry equipment*. [online]. Version 2013. [citováno 2013-20-3].  
URL: < <http://www.primuslaundry.com/cz/washer-extractors/fs-line/fs800/>
- [2] *Asko*. [online]. Version 2013. [citováno 2013-20-3].  
URL: < <http://www.asko-professional.com.au/professional-laundry/>
- [3] LG Commercial Laundry System. [online]. Version 2010. [citováno 2013-20-3].  
URL: < <http://www.lg.com/global/commerciallaundry/eng/product/giantc/washer.jsp>
- [4] UNIMAC Commercial Laundry Equipment. [online]. Version 2012. [citováno 2013-20-3].  
URL: < <http://unimac.com/products/washer-extractors/high-performance/uwn045t4v.aspx>
- [5] *Laundrystuff*. [online]. Version 2009. [citováno 2013-20-3].  
URL: < <http://www.laundrystuff.co.uk/machines/electrolux-w475h>
- [6] *Weiku Integrating Global Trade Leads*. [online]. Version 2011. [citováno 2013-20-3].  
URL: < [http://www.weiku.com/products/10956495/15kg\\_25kg\\_high\\_performance\\_laundry\\_machine\\_washer\\_extractor.html](http://www.weiku.com/products/10956495/15kg_25kg_high_performance_laundry_machine_washer_extractor.html)
- [7] *Zpráva z životnostních zkoušek kliky pro uzavírání průmyslových praček firmy Primus FX line*. Vyd.1. Ostrava: VŠB, 2011. 8 s. Elektronická zpráva
- [8] HRUDIČKOVÁ, M. *Měření vibrací v oblasti řídicí jednotky pračky typu FX 80, FX 105 a FX 135*. Vyd.1. Ostrava: VŠB, 2011. 14 s. Elektronická zpráva
- [9] FOLTA, Z. *Měření rozdílů vibrací s prádlovou náplní a pryžovým závaží*. Vyd.1. Ostrava : VŠB, 2012. Elektronická zpráva
- [10] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části spojovací*. Vyd.1. Ostrava: VŠB, 2010. 128 s. ISBN 978–80-248-1860-3
- [11] FOLTA, Z. *Spojky pojistné*. Vyd.1. Ostrava: VŠB, 2011. 25 s. Elektronické skriptum
- [12] ČSN 02 6001 – 02 6003: 1988 *Šroubové pružiny válcové tlačné a tažné z drátu a tyčí kruhového průřezu*
- [13] VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Vyd.1. Úvaly: ALBRA, 2005. 921 s. ISBN 80-7361-011-6

## **15 Přílohy**

**Příloha A** - Výpočet pružiny dle ČSN 02 6001 – 02 6003

**Příloha B** - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.1

**Příloha C** - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.2

**Příloha D** - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.3

**Příloha E** - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.4

**Příloha F** – SESTAVA DVEŘE FX

**Příloha G** – SESTAVA MADLO Č.2

### **Zvláštní příloha – CD**

Textová část: Řešení konstrukčního uzlu dveře – zámek – těsnění pracovního stroje FX

Výkresová dokumentace: Sestava dveře FX.dwg

Sestava madlo č.2.dwg

### **Použitý software**

Textová část diplomové práce – Microsoft Office Word 2007

Úprava obrázků – Zoner Photo Studio 15

Tvorba schémat a výkresů – AutoCAD Mechanical 2010

Vykreslení schémat – Microsoft Office OneNote 2007

Simulace tlakového lití madla – Autodesk Simulation Moldflow

Tvorba tabulek – Microsoft Office Excel 2007

Záznam vibrací - LabWiev

Tvorba grafů – FlexPro 7.0

Tvorba simulací a modelů – Creo Parametric 2.0

Výpočet pružin – Mitcalc 2.0

Na závěr bych chtěl touto cestou poděkovat firmě Primus CE, spol. s.r.o. za poskytnutí praktického tématu, panu vedoucímu práce doc. Ing. Zdeňku Foltovi, Ph.D. za zkušené rady a připomínky při vypracování, dále bych chtěl poděkovat pracovníkům firmy Primus CE panu Ing. Romanu Kolibovi za vedení z hlediska firmy a poskytnutí všech potřebných informací, panu Ing. Petru Matějkovi a panu Ing. Václavu Šindlerovi za odbornou firemní pomoc. Dále panu doc. Ing. Radimu Halamovi, Ph.D. a Ladislavu Zubalovi za poskytnutí měřicí laboratoře a také bych chtěl poděkovat panu Bc. Jakubovi Gilarovi za veškerou pomoc.



## **Příloha A - Výpočet pružiny dle ČSN 02 6001 – 02 6003 [12]**

### **1. Vstupní parametry**

Pracovní zatížení pružiny  $F_1$

Pracovní zdvih pružiny  $h$

Dutina pro pružinu  $D_1$

Odhad průměru pružiny  $d$

Materiál 12 090

Modul pružnosti v krutu  $G$

Dovolené mezní napětí v krutu  $\tau_{Dm}$

### **2. Síla plně zatížené pružiny**

$$F_8 = \frac{F_1}{0,9} \text{ [N]}$$

### **3. Mezní síla pružiny**

$$F_9 = 1,15 \cdot F_8 \text{ [N]}$$

### **4. Konstanta tuhosti pružiny**

$$c = \frac{(F_8 - F_1)}{h} \text{ [N/mm]}$$

### **5. Střední průměr pružiny**

$$D = D_1 - d \text{ [N]}$$

### **6. Předběžný výpočtový průměr drátu**

$$d' = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_8 \cdot D}{\pi \cdot \tau_8}} \text{ [mm]}$$

### **7. Napětí v krutu plně zatížené pružiny**

$$\tau_8 = \frac{F_8}{F_9} \cdot \tau_{Dm} \text{ [MPa]}$$

### **8. Poměr vinutí**

$$i = \frac{D}{d} \text{ [-]}$$

**9. Korekční součinitel**

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} [-]$$

**10. Přepočet průměru drátu**

$$d = d' \cdot \sqrt[3]{K} [\text{mm}]$$

- volba normalizovaného průměru

**11. Přepočet poměru vinutí**

$$i = \frac{D}{d} [-]$$

**12. Přepočet korekčního součinitele**

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} [-]$$

**13. Kontrola poměru vinutí**

- pro průměru drátu  $d \leq 11,8$  mm platí podmínka

$$4 \leq i \leq 16$$

**14. Pevnostní kontrola**

$$\tau_8 = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D \cdot K}{\pi \cdot d^3} \leq 0,9 \cdot \tau_{Dm} [\text{MPa}]$$

**15. Počet činných závitů**

$$n = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot c \cdot D^3} [-]$$

- úprava počtu činných závitů na celé číslo nebo zaokrouhlení na poloviny

**16. Celkový počet závitů**

$$z = n + n_z [-]$$

$n_z$  – počet závěrných závitů  $\approx 1$

**17. Délka v mezním stavu**

$$l_9 = (z + 1 - z_0) \cdot d [\text{mm}]$$

$z_0$  – celkový počet obrobených závěrných závitů

**18. Horní mezní rozměr délky pružiny**

$$l_{9\max} = z \cdot d \text{ [mm]}$$

**19. Součet nejmenších dovolených vůlí mezi závity pružiny**

- stav plně zatížený

$$S_{\min} = \frac{d \cdot i \cdot n}{50} \text{ [mm]}$$

**20. Mezní zkušební délka tlačné pružiny**

$$l_{\min F} = l_{9\max} + S_{\min} \text{ [mm]}$$

**21. Délka pružiny ve stavu plně zatíženém**

$$l_8 \geq l_{\min F} \text{ [mm]}$$

**22. Délka pružiny ve stavu předpruženém**

$$l_1 = l_8 + h \text{ [mm]}$$

**23. Délka pružiny ve stavu volném**

$$l_0 = l_8 + s_8 = l_8 + \frac{F_8}{c} \text{ [mm]}$$

**24. Délka rozvinuté pružiny**

$$L \approx 3,2 \cdot D \cdot z \text{ [mm]}$$

**25. Závitová vůle**

$$a = \frac{s_9}{n} = \frac{(l_0 - l_9)}{n} \text{ [mm]}$$

**26. Rozteč činných závitů ve volném stavu**

$$t = a + d \text{ [mm]}$$

**27. Kontrola rozteče závitů**

- pro  $d \leq 11,8 \text{ mm}$  platí

$$0,3 \cdot D + 0,2 \leq t \leq 0,6 \cdot D$$

## Příloha B - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.1

- madlo s principem pojistné kuličkové spojky

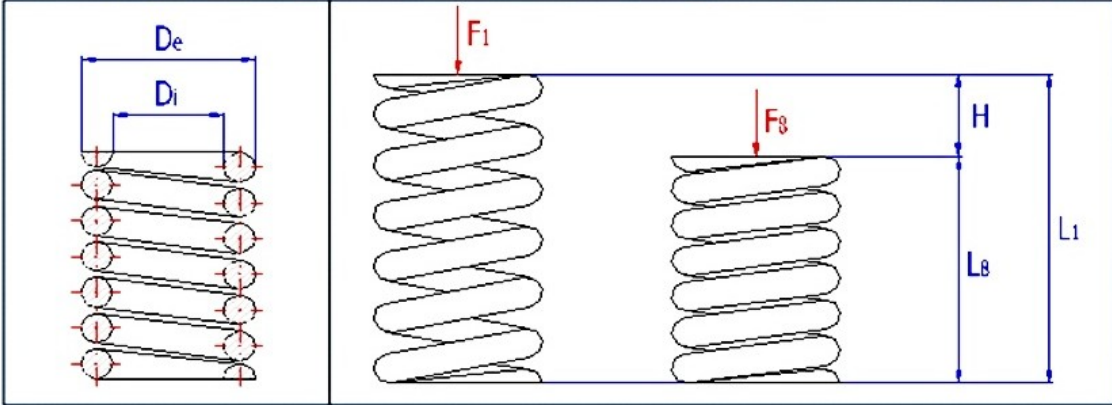
Šroubovitá pružina válcová tlačná z drátů a tyčí kruhového průřezu [mm]			
i	Výpočet bez chyb.		
ii	<input type="checkbox"/> Informace o projektu		
?	Kapitola vstupních parametrů		
1.0	<input checked="" type="checkbox"/> Volba režimu zatížení, provozních a výrobních parametrů pružiny.		
1.1	Provozní parametry pracovního cyklu		
1.2	Způsob zatížení	Statické zatížení	
1.3	Provozní teplota	T	22,0 [° C]
1.4	Provozní prostředí	Neagresivní	
1.5	Provedení pružiny		
1.6	Uložení pružiny	F ... Vedené uložení	
1.7	Provedení konců	J ... Uzavřený konec obrobený	
1.8	Povrchové zpracování	Nekuličované pružiny	
1.9	Smysl vinutí zavutí	Pravý	
1.10	Počet závěrných / obrobených závitů	nc / ng	2,0   1,0
2.0	<input checked="" type="checkbox"/> Volba materiálu pružiny.		
2.1	Způsob výroby :	Pružiny formované za studena	
2.2	Materiál pružiny :	Tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1	
2.3	Oblast použití vybraného materiálu		
2.4	Vhodnost pro dynamické zatížení	výborná	
2.5	Relativní pevnost materiálu	vysoká	
2.6	Korozivní odolnost	nevyhovující	
2.7	Maximální pracovní teplota	150	[° C]
2.8	Dodávané průměry drátu	0,2 - 20	[mm]
2.9	Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu		
2.10	Modul pružnosti ve smyku	G <sub>20</sub>	81500 [MPa]
2.11	Modul pružnosti ve smyku při pracovní teplotě	G	81451 [MPa]
2.12	Hustota	ρ	7850 [kg/m³]
2.13	Pevnostní charakteristiky materiálu		
2.14	Mez pevnosti v tahu	R <sub>m</sub>	2480 [MPa]
2.15	Mezní dovolené napětí v krutu	τ <sub>D</sub>	1240 [MPa]
2.16	Mezní únavová pevnost v krutu	τ <sub>c</sub>	570 [MPa]
2.17	Únavová pevnost v krutu při omezené životnosti	τ <sub>f</sub>	570 [Mpa]

- pokračování

3.0 ☒ **Návrh pružiny.**

3.1 **Požadované parametry pracovního cyklu**

		Odch. [%]		
3.2 Maximální pracovní zatížení	$F_8$	15,0	10,0	[N]
3.3 Minimální pracovní zatížení	$F_1$	13,5	30,0	[N]
3.4 Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	10,0	10,0	[mm]
3.5 Požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H$	2,5	0,0	[mm]
3.6 Délka předpružené pružiny	$L_1$	12,5	8,00	[mm]



3.7 **Filtry návrhu řešení**

3.8 ☐ Maximální dovolený vnější průměr pružiny

3.9 ☐ Minimální dovolený vnitřní průměr pružiny

3.10 Dovolené dělení počtu činných závitů

3.11 Dovolené překročení mezních rozměrů pružiny

3.12 Provádět kontrolu pružiny na vzpěrné vybočení

3.13 Provádět kontrolu mezní pracovní délky

3.14 Dodržet požadovanou míru bezpečnosti u pevnostní kontroly

3.15 Měřítka kvality

3.16 Počet iterací návrhu

$D_{\text{emax}}$

5,00

[mm]

$D_{\text{imin}}$

10,00

[mm]

1/4

0,0

->

[%]

Ne

Ano

Ano

Odchylka od požadovaných rozměrů

Střední

3.17 **Výběr řešení**

3.18 Výsledky návrhu třídit dle

3.19 Start návrhového výpočtu

3.20

Průměru pružiny

Návrh pružiny

ID	D	$D_e$	$D_i$	d	n	$L_0$	$L_1$	$L_8$	$F_1$	$F_8$	$\tau_8$	$S_s$	$S_f$	m	quality
1.	3.9	4.4	3.4	0.50	15.00	30.9	12.6	10.1	13.1	14.8	1180	1.05	0.00	0.3	0.07

+

Kapitola výsledků

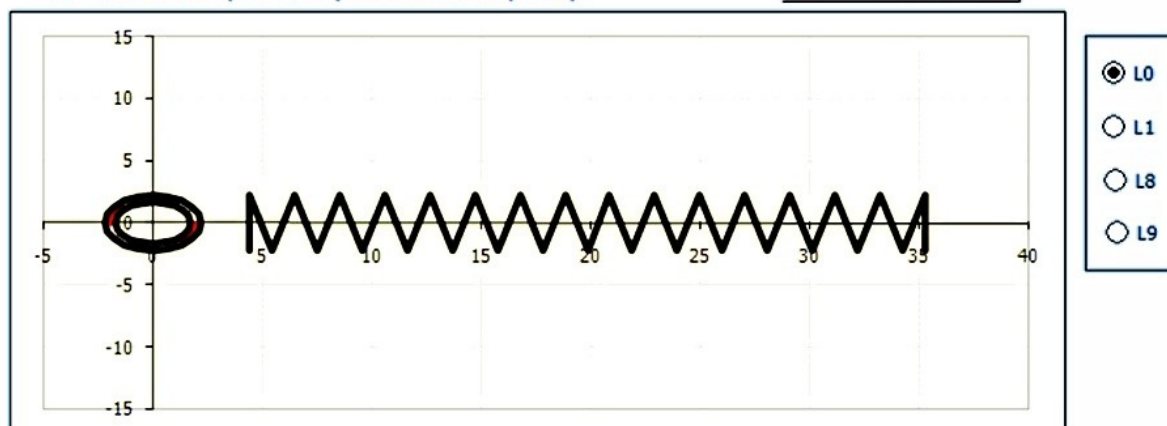
4.0 ☒ **Souhrnný výpis parametrů navržené pružiny.**

66

- pokračování

#### 4.1 Občerstvení výsledků z vybraného návrhu pružiny

#### Občerstvení



#### 4.2 Zatížení pružiny

4.3 Minimální pracovní zatížení  $F_1$  13,10 [N]

4.4 Maximální pracovní zatížení  $F_8$  14,80 [N]

#### 4.5 Rozměry pružiny

4.6 Střední průměr pružiny  $D$  3,9 [mm]

4.7 Doporučené meze průměru drátu  $d_{min} / d_{max}$  0,24 0,98 [mm]

4.8 Průměr drátu  $d$  0,5 [mm]

4.9 Vnější / vnitřní průměr pružiny  $D_e / D_i$  4,4 3,4 [mm]

4.10 Poměr vinutí  $i$  7,80

4.11 Počet činných závitů  $n$  15

4.12 Doporučené meze volné délky  $L_{0min} / L_{0max}$  18,55 36,10 [mm]

4.13 Volná délka pružiny  $L_0$  30,91 [mm]

4.14 Doporučené meze rozteče mezi závitů  $t_{min} / t_{max}$  1,17 2,34 [mm]

4.15 Vůle / rozteč mezi závitů volné pružiny  $a / t$  1,49 1,99 [mm]

#### 4.16 Parametry předpružené pružiny

4.17 Deformace (stlačení) pružiny  $s_1$  18,32 [mm]

4.18 Délka pružiny  $L_1$  12,59 [mm]

4.19 Napětí pružiny  $\tau_1$  1040,80 [MPa]

#### 4.20 Parametry plně zatížené pružiny

4.21 Deformace (stlačení) pružiny  $s_8$  20,69 [mm]

4.22 Délka pružiny  $L_8$  10,22 [mm]

4.23 Pracovní zdvih pružiny  $H$  2,38 [mm]

4.24 Napětí pružiny  $\tau_8$  1175,86 [MPa]

#### 4.25 Parametry pružiny ve stavu mezním

4.26 Teoretické mezní zatížení pružiny  $F_9$  16,03 [N]

4.27 Teoretické stlačení / délka pružiny  $s_9 / L_9$  22,41 8,50 [mm]

4.28 Teoretické napětí pružiny  $\tau_9$  1273,32 [MPa]

4.29 Suma min. dovolených vůlí mezi činnými závitů  $s_{amin}$  1,434 [mm]

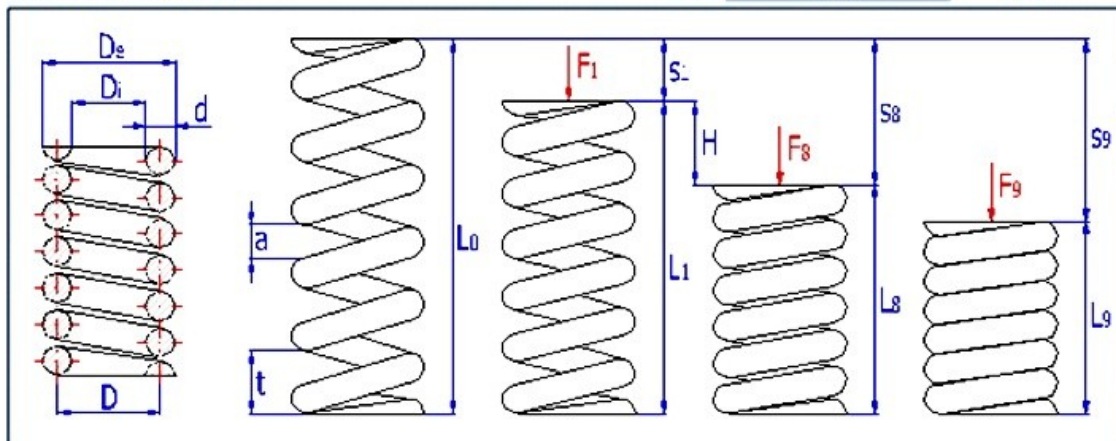
4.30 Minimální mezní zkušební délka pružiny  $L_{minF}$  9,93 [mm]



- pokračování

**4.31 Fyzikální a mechanické vlastnosti pružiny**

4.32 Tuhost pružiny	$c$	0,72	[N/mm]
4.33 Deformační energie pružiny	$W_8$	0,15	[J]
4.34 Kritická rychlost pružiny	$v_k$	2,73	[m/s]
4.35 Vlastní kmitočet pružiny	$f$	794,45	[Hz]
4.36 Rozvinutá délka drátu	$l$	212	[mm]
4.37 Hmotnost pružiny	$m$	0,000	[kg]



**4.38 Pevnostní kontrola pružiny**

4.39 Korekční součinitel napětí v krutu	$K_s$	1,0000	
4.40 Korigované napětí pružiny v plně zatíženém stavu	$\tau_{90}$	1175,86	[MPa]
4.41 Mezní dovolené napětí v krutu	$\tau_D$	1240	[MPa]
4.42 Míra bezpečnosti		1,055	

**4.43 Kontrola pružiny na vzpěrné vybočení**

4.44 Dovolené / skutečné max. pracovní stlačení pružiny	100	66,95	[%]
---	-----	-------	-----

## Příloha C - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.2

- madlo s principem pojistné zubové spojky

Šroubovitá pružina válcová tlačná z drátů a tyčí kruhového průřezu [mm]			
i	Výpočet bez chyb.		
ii	<input type="checkbox"/> Informace o projektu		
Kapitola vstupních parametrů			
1.0	<input checked="" type="checkbox"/> Volba režimu zatížení, provozních a výrobních parametrů pružiny.		
1.1	Provozní parametry pracovního cyklu		
1.2	Způsob zatížení	Statické zatížení	
1.3	Provozní teplota	T	22,0 [° C]
1.4	Provozní prostředí	Neagresivní	
1.5	Provedení pružiny		
1.6	Uložení pružiny	F ... Vedené uložení	
1.7	Provedení konců	J ... Uzavřený konec obrobený	
1.8	Povrchové zpracování	Nekuličkové pružiny	
1.9	Smysl vinutí zavítu	Pravý	
1.10	Počet závěrných / obrobených závitů	nc / ng	2,0 / 1,0
1.11	Statically zatížená pružina		
1.12	Provozní režim zatížení	Lehký provoz	
1.13	Požadovaná míra bezpečnosti	s <sub>s</sub>	1,05
1.14	Způsob korekce napětí v krutu	Bez korekce	<input checked="" type="checkbox"/>
2.0	<input checked="" type="checkbox"/> Volba materiálu pružiny.		
2.1	Způsob výroby :	Pružiny formované za studena	
2.2	Materiál pružiny :	Tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1	
2.3	Oblast použití vybraného materiálu		
2.4	Vhodnost pro dynamické zatížení	výborná	
2.5	Relativní pevnost materiálu	vysoká	
2.6	Korozivní odolnost	nevyhovující	
2.7	Maximální pracovní teplota	150	[° C]
2.8	Dodávané průměry drátu	0,2 - 20	[mm]
2.9	Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu		
2.10	Modul pružnosti ve smyku	G <sub>20</sub>	81500 [MPa]
2.11	Modul pružnosti ve smyku při pracovní teplotě	G	81451 [MPa]
2.12	Hustota	ρ	7850 [kg/m <sup>3</sup> ]
2.13	Pevnostní charakteristiky materiálu		
2.14	Mez pevnosti v tahu	R <sub>m</sub>	1900 [MPa]
2.15	Mezní dovolené napětí v krutu	τ <sub>D</sub>	950 [MPa]
2.16	Mezní únavová pevnost v krutu	τ <sub>c</sub>	437 [MPa]
2.17	Únavová pevnost v krutu při omezené životnosti	τ <sub>f</sub>	437 [Mpa]

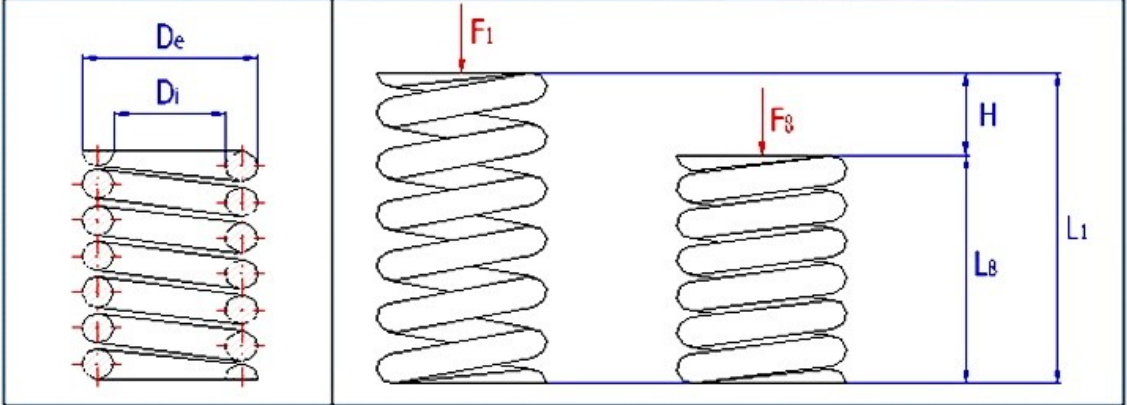


- pokračování

3.0 ☒ **Návrh pružiny.**

3.1 **Požadované parametry pracovního cyklu**

3.2 Maximální pracovní zatížení	$F_8$	270,0	10,0	[N]
3.3 Minimální pracovní zatížení	$F_1$	243,7	30,0	[N]
3.4 Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	18,0	10,0	[mm]
3.5 Požadovaný pracovní zdvih pružiny	H	2,5	0,0	[mm]
3.6 Délka předpružené pružiny	$L_1$	20,5	8,78	[mm]



3.7 **Filtry návrhu řešení**

3.8 ☐ Maximální dovolený vnější průměr pružiny

3.9 ☐ Minimální dovolený vnitřní průměr pružiny

3.10 Dovolené dělení počtu činných závitů

3.11 Dovolené překročení mezních rozměrů pružiny

3.12 Provádět kontrolu pružiny na vzpěrné vybočení

3.13 Provádět kontrolu mezní pracovní délky

3.14 Dodržet požadovanou míru bezpečnosti u pevnostní kontroly

3.15 Měřítka kvality

3.16 Počet iterací návrhu

3.17 **Výběr řešení**

3.18 Výsledky návrhu třídit dle

3.19 Start návrhového výpočtu

Demax

Demin

1/4

0,0

Ne

Ano

Ano

Odchylka od požadovaných rozměrů

Střední

Kvality řešení

**Návrh pružiny**

ID	D	De	Di	d	n	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>8</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>8</sub>	τ <sub>8</sub>	s <sub>s</sub>	s <sub>f</sub>	m	quality
1.	19.9	22.4	17.4	2.50	4.00	39.7	20.5	18.0	243.7	275.4	892	1.07	0.00	14.7	0.02

+

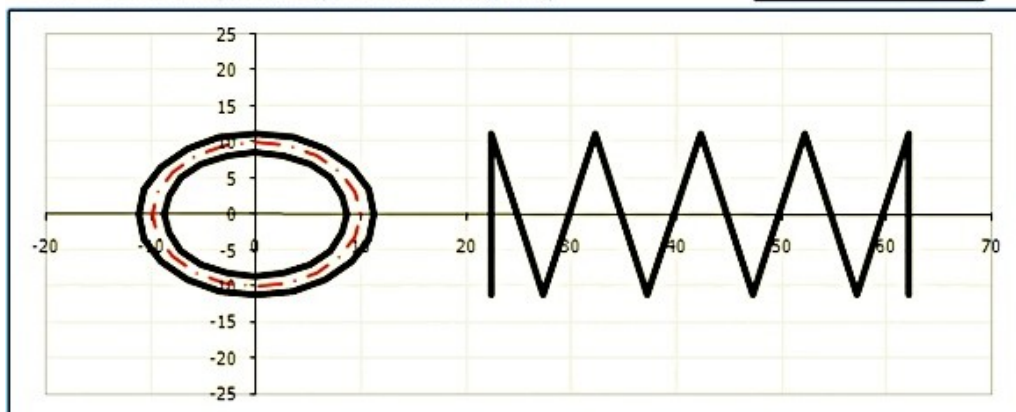
**Kapitola výsledků**

4.0 ☒ **Souhrnný výpis parametrů navržené pružiny.**

- pokračování

#### 4.1 Občerstvení výsledků z vybraného návrhu pružiny

#### Občerstvení



- ☒ L0
- ☐ L1
- ☐ L8
- ☐ L9

#### 4.2 Zatížení pružiny

4.3 Minimální pracovní zatížení

$F_1$

243,70

[N]

4.4 Maximální pracovní zatížení

$F_8$

275,40

[N]

#### 4.5 Rozměry pružiny

4.6 Střední průměr pružiny

D

19,87

[mm]

4.7 Doporučené meze průměru drátu

$d_{min} / d_{max}$

1,24

4,97

[mm]

4.8 Průměr drátu

d

2,5

[mm]

4.9 Vnější / vnitřní průměr pružiny

$D_e / D_i$

22,37

17,37

[mm]

4.10 Poměr vinutí

i

7,95

4.11 Počet činných závitů

n

4

4.12 Doporučené meze volné délky

$L_{0min} / L_{0max}$

28,84

52,69

[mm]

4.13 Volná délka pružiny

$L_0$

39,72

[mm]

4.14 Doporučené meze rozteče mezi závity

$t_{min} / t_{max}$

5,96

11,92

[mm]

4.15 Vůle / rozteč mezi závity volné pružiny

a / t

6,18

8,68

[mm]

#### 4.16 Parametry předpružené pružiny

4.17 Deformace (stlačení) pružiny

$s_1$

19,23

[mm]

4.18 Délka pružiny

$L_1$

20,49

[mm]

4.19 Napětí pružiny

$\tau_1$

789,18

[MPa]

#### 4.20 Parametry plně zatížené pružiny

4.21 Deformace (stlačení) pružiny

$s_8$

21,73

[mm]

4.22 Délka pružiny

$L_8$

17,99

[mm]

4.23 Pracovní zdvih pružiny

H

2,50

[mm]

4.24 Napětí pružiny

$\tau_8$

891,83

[MPa]

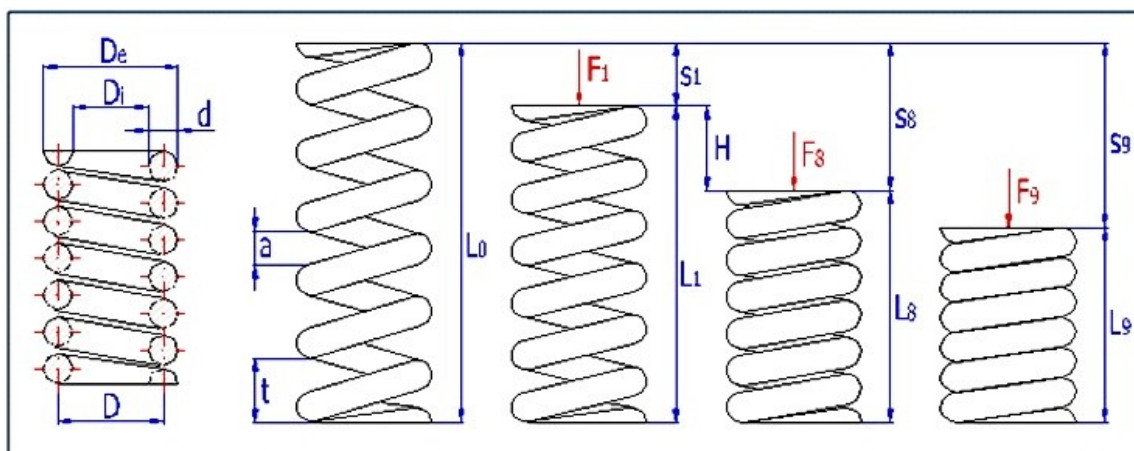
- pokračování

#### 4.25 Parametry pružiny ve stavu mezním

4.26 Teoretické mezní zatížení pružiny	$F_9$	313,30	[N]
4.27 Teoretické stlačení / délka pružiny	$s_9 / L_9$	24,72   15,00	[mm]
4.28 Teoretické napětí pružiny	$\tau_9$	1014,56	[MPa]
4.29 Suma min. dovolených vůlí mezi činnými závitů	$s_{amin}$	1,948	[mm]
4.30 Minimální mezní zkušební délka pružiny	$L_{minF}$	16,95	[mm]

#### 4.31 Fyzikální a mechanické vlastnosti pružiny

4.32 Tuhost pružiny	$c$	12,67	[N/mm]
4.33 Deformační energie pružiny	$W_8$	2,99	[J]
4.34 Kritická rychlost pružiny	$v_k$	3,43	[m/s]
4.35 Vlastní kmitočet pružiny	$f$	573,86	[Hz]
4.36 Rozvinutá délka drátu	$l$	382	[mm]
4.37 Hmotnost pružiny	$m$	0,015	[kg]



#### 4.38 Pevnostní kontrola pružiny

4.39 Korekční součinitel napětí v krutu	$K_s$	1,0000	
4.40 Korigované napětí pružiny v plně zatíženém stavu	$\tau_{8C}$	891,83	[MPa]
4.41 Mezní dovolené napětí v krutu	$\tau_D$	950	[MPa]
4.42 Míra bezpečnosti		1,065	


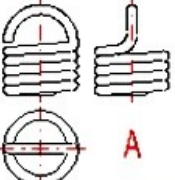
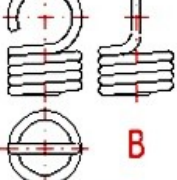
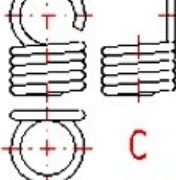
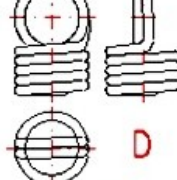
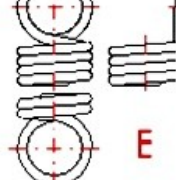
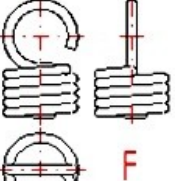
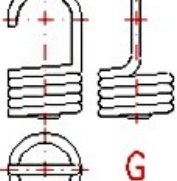
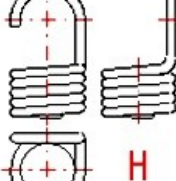
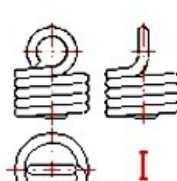
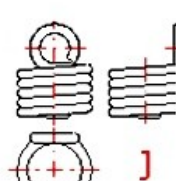
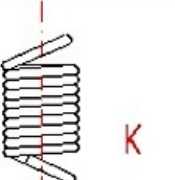
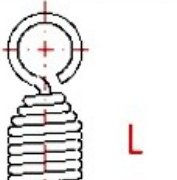
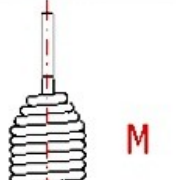
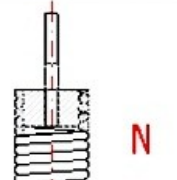
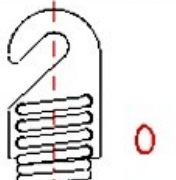
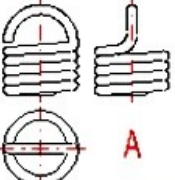
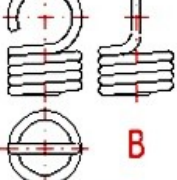
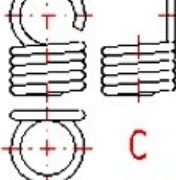
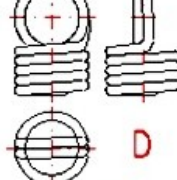
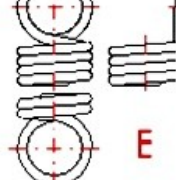
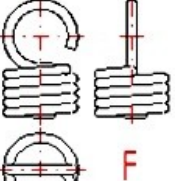
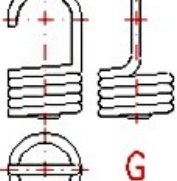
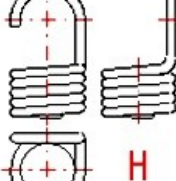
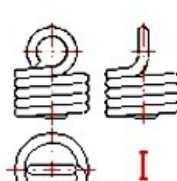
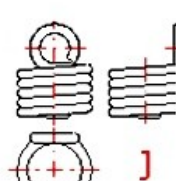
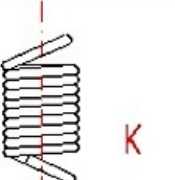
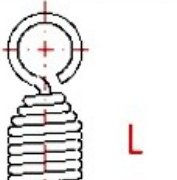
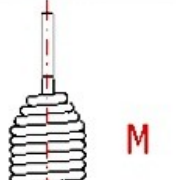
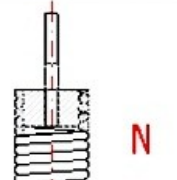
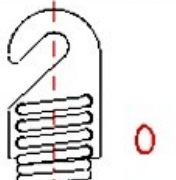
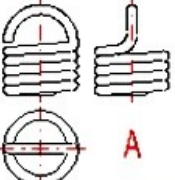
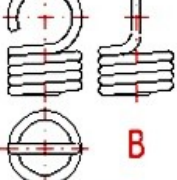
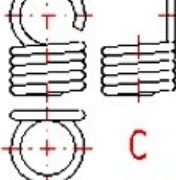
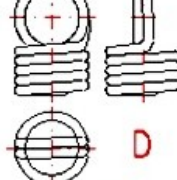
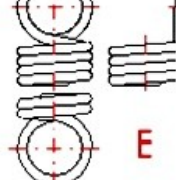
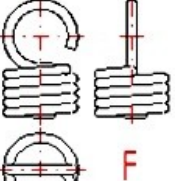
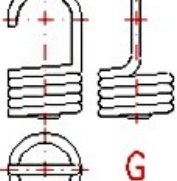
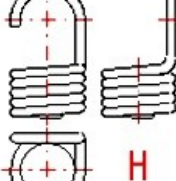
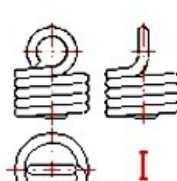
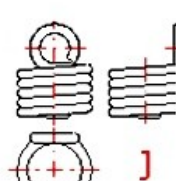
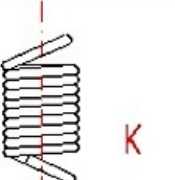
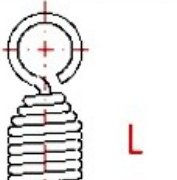
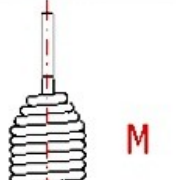
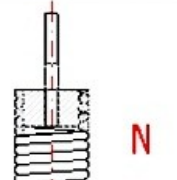
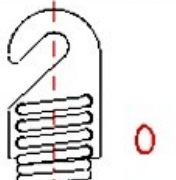
#### 4.43 Kontrola pružiny na vzpěrné vybočení

4.44 Dovolené / skutečné max. pracovní stlačení pružiny	100   54,71	[%]
---	-------------	-----



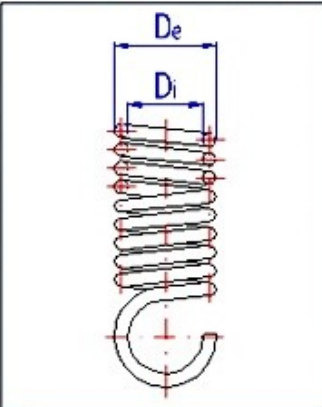
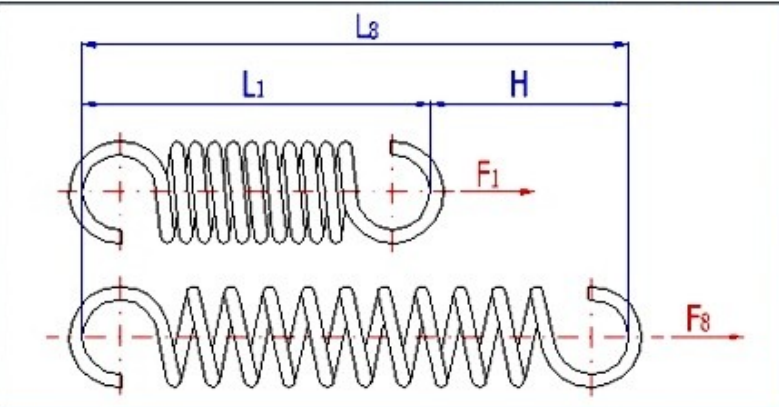
## Příloha D - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.3

- madlo s pojistným svíracím principem

 <b>Šroubovitá pružina válcová tažná z drátů a tyčí kruhového průřezu [mm]</b>																															
i	<b>Výpočet bez chyb.</b>																														
ii	<input type="checkbox"/> <b>Informace o projektu</b>																														
<b>Kapitola vstupních parametrů</b>																															
<b>1.0</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Volba režimu zatížení, provozních a výrobních parametrů pružiny.</b>																															
<b>1.1 Výrobní parametry pružiny</b> 1.2 Provedení pružiny 1.3 Provedení konců 1.4 Smysl vinutí zavítu 1.5 Počet koncových závitů	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Pružina s předpětím, vinutá na navijecí stoličce            I ... Malé oko            Pravý            nc 0,0         </div>																														
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>A</b></td> <td><b>B</b></td> <td><b>C</b></td> <td><b>D</b></td> <td><b>E</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>F</b></td> <td><b>G</b></td> <td><b>H</b></td> <td><b>I</b></td> <td><b>J</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>K</b></td> <td><b>L</b></td> <td><b>M</b></td> <td><b>N</b></td> <td><b>O</b></td> </tr> </tbody> </table>							<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>						<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>						<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
																															
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>																											
																															
<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>																											
																															
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>																											

- pokračování

1.6	<b>Provozní parametry pracovního cyklu</b>		
1.7	Provozní režim zatížení	Lehký provoz	
1.8	Provozní teplota	T	22,0 [° C]
1.9	Provozní prostředí	Neagresivní	
1.10	Požadovaná míra bezpečnosti	S <sub>s</sub>	1,05 <input checked="" type="checkbox"/>
1.11	Způsob korekce napětí v krutu	Bez korekce	
2.0	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Volba materiálu pružiny.</b>		
2.1	Způsob výroby :	Pružiny formované za studena	
2.2	Materiál pružiny :	Tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1	
2.3	<b>Oblast použití vybraného materiálu</b>		
2.4	Vhodnost pro dynamické zatížení	výborná	
2.5	Relativní pevnost materiálu	vysoká	
2.6	Korozivní odolnost	nevyhovující	
2.7	Maximální pracovní teplota	150	[° C]
2.8	Dodávané průměry drátu	0,2 - 20	[mm]
2.9	<b>Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu</b>		
2.10	Modul pružnosti ve smyku	G <sub>20</sub>	81500 [MPa]
2.11	Modul pružnosti ve smyku při pracovní teplotě	G	81451 [MPa]
2.12	Hustota	ρ	7850 [kg/m <sup>3</sup> ]
2.13	<b>Vlastnosti materiálu závislé na použitém průměru drátu</b>		
2.14	Mez pevnosti v tahu	R <sub>m</sub>	1980 [MPa]
2.15	Mezní dovolené napětí v krutu	τ <sub>Δ</sub>	990 [MPa]
2.16	Mezní dovolené napětí v ohybu	σ <sub>D</sub>	1386 [MPa]
3.0	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Návrh pružiny.</b>		
3.1	<b>Požadované parametry pracovního cyklu</b>		Odch. [%]
3.2	Maximální pracovní zatížení	F <sub>8</sub>	175,0 5,0 [N]
3.3	Minimální pracovní zatížení	F <sub>1</sub>	160,0 30,0 [N]
3.4	Délka plně zatížené pružiny	L <sub>8</sub>	22,7 5,0 [mm]
3.5	Požadovaný pracovní zdvih pružiny	H	2,2 0,0 [mm]
3.6	Délka předpružené pružiny	L <sub>1</sub>	20,5 5,54 [mm]

- pokračování

3.7 **Filtry návrhu řešení**

3.8 ☐ Maximální dovolený vnější průměr pružiny

3.9 ☐ Minimální dovolený vnitřní průměr pružiny

3.10 Dovolené dělení počtu činných závitů

3.11 Dovolené překročení mezních rozměrů pružiny

3.12 Provádět předběžnou kontrolu namáhání závěsného oka

3.13 Dodržet zvolený způsob provedení konců pružiny

3.14 Dodržet požadovanou míru bezpečnosti u pevnostní kontroly

3.15 Měřitko kvality

3.16 Počet iterací návrhu

3.17 **Výběr řešení**

3.18 Výsledky návrhu třídit dle

3.19 Start návrhového výpočtu

3.20

Demax

45,00

[mm]

D<sub>min</sub>

10,00

[mm]

1/4

▼

0,0

->

[%]

Ano

▼

Ano

▼

Ano

▼

Odchylka od požadovaných rozměrů

▼

Střední

▼

Kvality řešení

▼

Návrh pružiny

ID	D	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	d	n	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>8</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>8</sub>	τ <sub>8</sub>	s <sub>s</sub>	m	LH	quality	
14.	10.5	12.4	8.6	1.90	4.00	18.4	20.5	22.7	112.0	175.0	682	1.45	3.6	I	4.4	0.30

+

Kapitola výsledků

4.0 ☒ Souhrnný výpis parametrů navržené pružiny.

4.1 Občerstvení výsledků z vybraného návrhu pružiny

Občerstvení

L0

L1

L8

L9

4.2 **Zatížení pružiny**

4.3 Minimální pracovní zatížení

4.4 Maximální pracovní zatížení

F<sub>1</sub>

112,00

[N]

F<sub>8</sub>

175,00

[N]

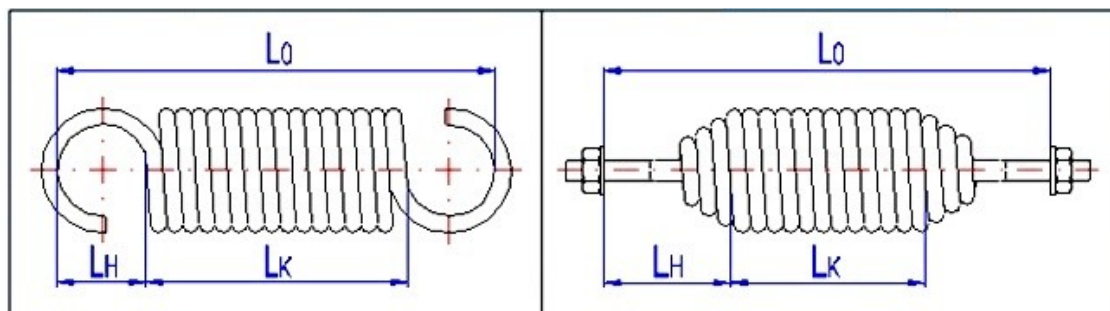
75



- pokračování

#### 4.5 Rozměry pružiny

4.6 Střední průměr pružiny	D	10,5	[mm]
4.7 Doporučené meze průměru drátu	$d_{\min} / d_{\max}$	0,66   2,63	[mm]
4.8 Průměr drátu	d	1,9	[mm]
4.9 Vnější / vnitřní průměr pružiny	$D_e / D_i$	12,4   8,6	[mm]
4.10 Poměr vinutí	i	5,53	
4.11 Počet činných závitů	n	4	
4.12 Délka aktivní části pružiny	$L_K$	9,5	[mm]
4.13 Doporučené meze výšky závěsného oka	$L_{H\min} / L_{H\max}$	3,8   5,2	[mm]
4.14 Výška závěsného oka	$L_H$	4,43	[mm]
4.15 Doporučené meze volné délky	$L_{0\min} / L_{0\max}$	10,5   157,5	[mm]
4.16 Volná délka pružiny	$L_0$	18,36	[mm]



#### 4.17 Parametry nezatížené pružiny

4.18 Předepínací síla	$F_0$	51	[N]
4.19 Vnitřní předpětí pružiny	$\tau_0$	198,9	[MPa]
4.20 Rozteč mezi závity	t	1,90	[mm]

#### 4.21 Parametry předpružené pružiny

4.22 Deformace (roztážení) pružiny	$s_1$	2,13	[mm]
4.23 Délka pružiny	$L_1$	20,49	[mm]
4.24 Napětí pružiny	$\tau_1$	436,60	[MPa]

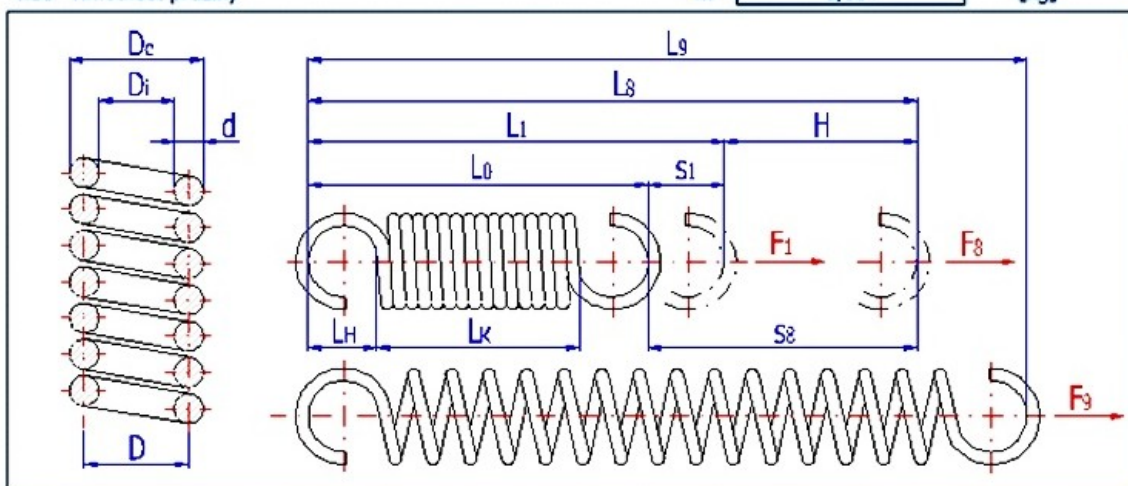
#### 4.25 Parametry plně zatížené pružiny

4.26 Deformace (roztážení) pružiny	$s_8$	4,33	[mm]
4.27 Délka pružiny	$L_8$	22,69	[mm]
4.28 Pracovní zdvih pružiny	H	2,20	[mm]
4.29 Napětí pružiny	$\tau_8$	682,19	[MPa]

#### 4.30 Parametry pružiny ve stavu mezním

- pokračování

4.31	Mezní zatížení pružiny	$F_9$	254	[N]
4.32	Mezní deformace / délka pružiny	$s_9 / L_9$	7,08   25,44	[mm]
4.33	<b>Fyzikální a mechanické vlastnosti pružiny</b>			
4.34	Tuhost pružiny	$c$	28,65	[N/mm]
4.35	Deformační energie pružiny	$W_8$	0,49	[J]
4.36	Vlastní kmitočet pružiny	$f$	1561,83	[Hz]
4.37	Rozvinutá délka drátu	$l$	162	[mm]
4.38	Hmotnost pružiny	$m$	0,004	[kg]








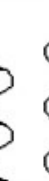

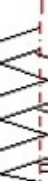


4.39	<b>Pevnostní kontrola pružiny</b>			
4.40	Korekční součinitel napětí v krutu	$K_s$	1,0000	[MPa]
4.41	Korigované napětí pružiny v plně zatíženém stavu	$\tau_{8C}$	682,19	
4.42	Mezní dovolené napětí v krutu	$\tau_{\Delta}$	990	
4.43	Míra bezpečnosti		1,451	[MPa]

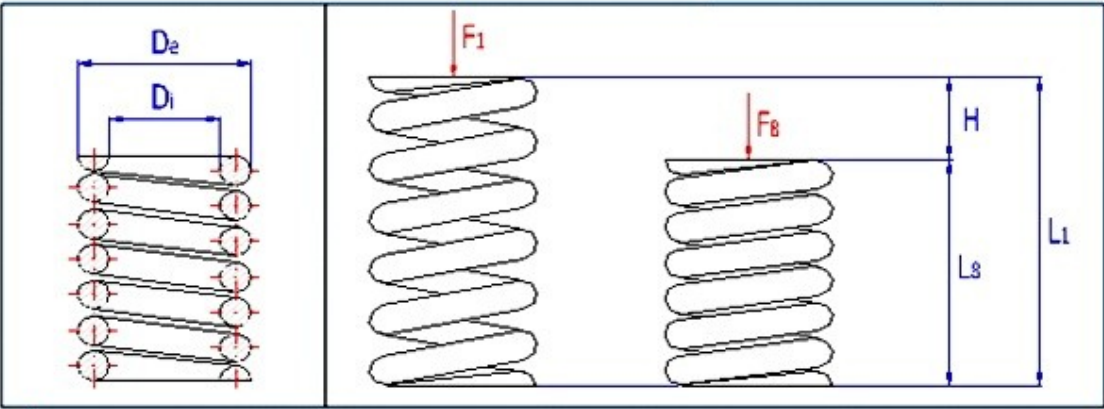


## Příloha E - Úplný výpočet pružiny u návrhu č.4

- madlo s pojistným šroubovým principem

 <b>Šroubovitá pružina válcová tlačná z drátů a tyčí kruhového průřezu [mm]</b>	
i	Výpočet bez chyb.
ii	<input type="checkbox"/> Informace o projektu
?	- Kapitola vstupních parametrů
1.0 <input checked="" type="checkbox"/> Volba režimu zatížení, provozních a výrobních parametrů pružiny.	
1.1	Provozní parametry pracovního cyklu
1.2	Způsob zatížení <span style="float: right;">Statické zatížení</span>
1.3	Provozní teplota <span style="float: right;">T 22,0 [° C]</span>
1.4	Provozní prostředí <span style="float: right;">Neagresivní</span>
1.5	Provedení pružiny
1.6	Uložení pružiny <span style="float: right;">F ... Vedené uložení</span>
1.7	Provedení konců <span style="float: right;">J ... Uzavřený konec obrobený</span>
1.8	Povrchové zpracování <span style="float: right;">Nekuličkové pružiny</span>
1.9	Smysl vinutí závitu <span style="float: right;">Pravý</span>
1.10	Počet závěrných / obrobených závitů <span style="float: right;">n<sub>c</sub> / n<sub>g</sub> 2,0 1,0</span>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>B</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>C</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>D</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>E</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>G</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>H</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>I</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>J</p> </div> </div>	
1.11	Staticky zatížená pružina
1.12	Provozní režim zatížení <span style="float: right;">Lehký provoz</span>
1.13	Požadovaná míra bezpečnosti <span style="float: right;">s<sub>s</sub> 1,05 <input checked="" type="checkbox"/></span>
1.14	Způsob korekce napětí v krutu <span style="float: right;">Bez korekce</span>

- pokračování

<b>2.0</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Volba materiálu pružiny.</b>			
2.1	Způsob výroby :	Pružiny formované za studena	
2.2	Materiál pružiny :	Tažený patentovaný drát třídy DH dle EN 10270-1	
<b>2.3 Oblast použití vybraného materiálu</b>			
2.4	Vhodnost pro dynamické zatížení	výborná	
2.5	Relativní pevnost materiálu	vysoká	
2.6	Korozivní odolnost	nevyhovující	
2.7	Maximální pracovní teplota	150	[° C]
2.8	Dodávané průměry drátu	0,2 - 20	[mm]
<b>2.9 Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu</b>			
2.10	Modul pružnosti ve smyku	$G_{20}$	81500 [MPa]
2.11	Modul pružnosti ve smyku při pracovní teplotě	$G$	81451 [MPa]
2.12	Hustota	$\rho$	7850 [kg/m³]
<b>2.13 Pevnostní charakteristiky materiálu</b>			
2.14	Mez pevnosti v tahu	$R_m$	1950 [MPa]
2.15	Mezní dovolené napětí v krutu	$\tau_0$	975 [MPa]
2.16	Mezní únavová pevnost v krutu	$\tau_c$	448 [MPa]
2.17	Únavová pevnost v krutu při omezené životnosti	$\tau_r$	448 [Mpa]
<b>3.0</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Návrh pružiny.</b>			
3.1	Požadované parametry pracovního cyklu	Odch. [%]	
3.2	Maximální pracovní zatížení	$F_8$	166,0 10,0 [N]
3.3	Minimální pracovní zatížení	$F_1$	150,0 30,0 [N]
3.4	Délka plně zatížené pružiny	$L_8$	8,5 10,0 [mm]
3.5	Požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H$	5,0 0,0 [mm]
3.6	Délka předpružené pružiny	$L_1$	13,5 6,30 [mm]
			
<b>3.7 Filtry návrhu řešení</b>			
3.8	<input type="checkbox"/> Maximální dovolený vnější průměr pružiny	$D_{max}$	5,00 [mm]
3.9	<input type="checkbox"/> Minimální dovolený vnitřní průměr pružiny	$D_{min}$	10,00 [mm]
3.10	Dovolené dělení počtu činných závitů		1/4
3.11	Dovolené překročení mezních rozměrů pružiny		0,0 -> [%]
3.12	Provádět kontrolu pružiny na vzpěrné vybočení		Ne
3.13	Provádět kontrolu mezní pracovní délky		Ano
3.14	Dodržet požadovanou míru bezpečnosti u pevnostní kontroly		Ano
3.15	Měřitko kvality	Odchylka od požadovaných rozměrů	
3.16	Počet iterací návrhu	Střední	

- pokračování

### 3.17 Výběr řešení

3.18 Výsledky návrhu třídít dle

Průměru pružiny

3.19 Start návrhového výpočtu

Návrh pružiny

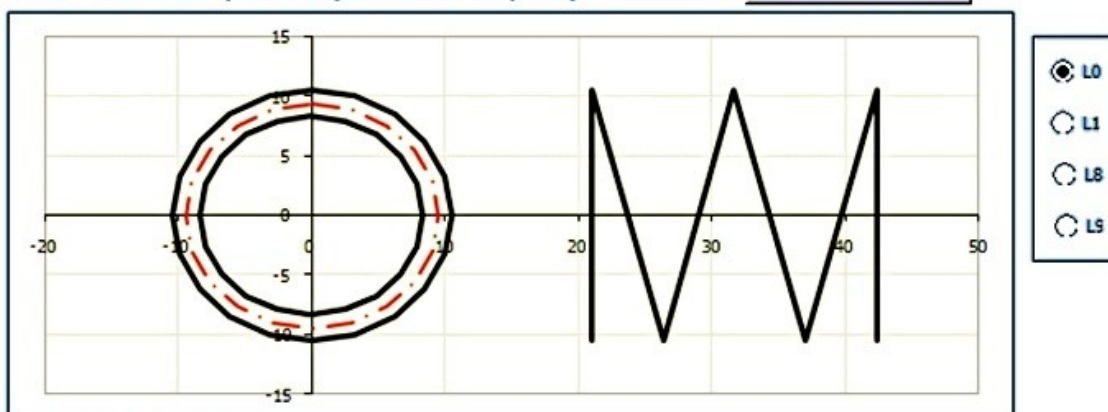
3.20	ID	D	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	d	n	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>8</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>8</sub>	τ <sub>8</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>r</sub>	m
	1.	18.8	20.9	16.7	2.10	2.00	21.5	14.4	9.4	105.0	178.9	927	1.05	0.00	6.6   0.54

### Kapitola výsledků

4.0 ☒ Souhrnný výpis parametrů navržené pružiny.

4.1 Občerstvení výsledků z vybraného návrhu pružiny

Občerstvení



### 4.2 Zatížení pružiny

4.3 Minimální pracovní zatížení

F<sub>1</sub> 105,00 [N]

4.4 Maximální pracovní zatížení

F<sub>8</sub> 178,90 [N]

### 4.5 Rozměry pružiny

4.6 Střední průměr pružiny

D 18,85 [mm]

4.7 Doporučené meze průměru drátu

d<sub>min</sub> / d<sub>max</sub> 1,18 | 4,71 [mm]

4.8 Průměr drátu

d 2,1 [mm]

4.9 Vnější / vnitřní průměr pružiny

D<sub>e</sub> / D<sub>i</sub> 20,95 | 16,75 [mm]

4.10 Poměr vinutí

i 8,98

4.11 Počet činných závitů

n 2

4.12 Doporučené meze volné délky

L<sub>0min</sub> / L<sub>0max</sub> 18,85 | 26,82 [mm]

4.13 Volná délka pružiny

L<sub>0</sub> 21,45 [mm]

4.14 Doporučené meze rozteče mezi závity

t<sub>min</sub> / t<sub>max</sub> 5,66 | 11,31 [mm]

4.15 Vůle / rozteč mezi závity volné pružiny

a / t 6,53 | 8,63 [mm]

### 4.16 Parametry předpružené pružiny

4.17 Deformace (stlačení) pružiny

s<sub>1</sub> 7,10 [mm]

4.18 Délka pružiny

L<sub>1</sub> 14,35 [mm]

4.19 Napětí pružiny

τ<sub>1</sub> 544,23 [MPa]

### 4.20 Parametry plně zatížené pružiny

4.21 Deformace (stlačení) pružiny

s<sub>8</sub> 12,10 [mm]

4.22 Délka pružiny

L<sub>8</sub> 9,35 [mm]

4.23 Pracovní zdvih pružiny

H 5,00 [mm]

4.24 Napětí pružiny

τ<sub>8</sub> 927,27 [MPa]

### 4.25 Parametry pružiny ve stavu mezním

4.26 Teoretické mezní zatížení pružiny

F<sub>9</sub> 192,90 [N]

4.27 Teoretické stlačení / délka pružiny

s<sub>9</sub> / L<sub>9</sub> 13,05 | 8,40 [mm]

4.28 Teoretické napětí pružiny

τ<sub>9</sub> 999,82 [MPa]

4.29 Suma min. dovolených vůlí mezi činnými závity

s<sub>amin</sub> 0,928 [mm]

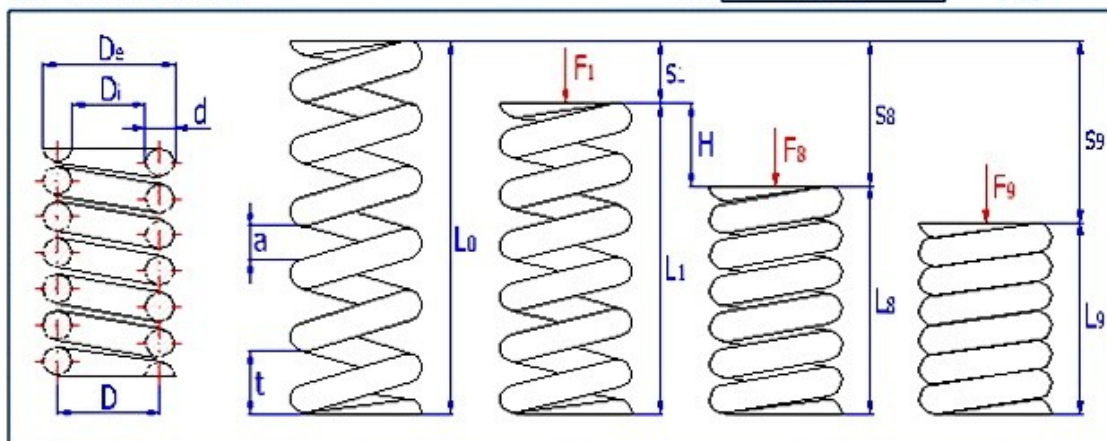
4.30 Minimální mezní zkušební délka pružiny

L<sub>minF</sub> 9,33 [mm]



- pokračování

4.30	Minimální mezní zkušební délka pružiny	$L_{min}$	9,33	[mm]
4.31	<b>Fyzikální a mechanické vlastnosti pružiny</b>			
4.32	Tuhost pružiny	$c$	14,78	[N/mm]
4.33	Deformační energie pružiny	$W_s$	1,08	[J]
4.34	Kritická rychlost pružiny	$v_k$	2,03	[m/s]
4.35	Vlastní kmitočet pružiny	$f$	1071,24	[Hz]
4.36	Rozvinutá délka drátu	$l$	241	[mm]
4.37	Hmotnost pružiny	$m$	0,007	[kg]



4.38	<b>Pevnostní kontrola pružiny</b>			
4.39	Korekční součinitel napětí v krutu	$K_s$	1,0000	
4.40	Korigované napětí pružiny v plně zatženém stavu	$\tau_{sc}$	927,27	[MPa]
4.41	Mezní dovolené napětí v krutu	$\tau_D$	975	[MPa]
4.42	Míra bezpečnosti		1,051	
4.43	<b>Kontrola pružiny na vzpěrné vybočení</b>			
4.44	Dovolené / skutečné max. pracovní stlačení pružiny		100   56,42	[%]